

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie



**Návrh datového modelu pro oblast organizace a řízení
přepravního systému**

Designing data model concept for management and organization at the sphere of
logistic system

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Jiří Schubert

srpen 2008

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Přemysl Štych Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že tuto diplomovou práci jsem vypracoval samostatně a že všechny použité prameny jsou řádně citovány.

Jsem si vědom toho, že případné použití výsledků, získaných v této práci, mimo Univerzitu Karlovu v Praze je možné pouze po písemném souhlasu této univerzity.

Svoluji k zapůjčení této práce pro studijní účely a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena v evidenci vypůjčovatelů.

V Praze dne 24. srpna 2008

.....

Jiří Schubert

Poděkování

Tímto bych chtěl především poděkovat Mgr. Přemyslu Štychovi, Ph.D., za jeho cenné rady a připomínky během zpracování této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat vedení firmy Toptrans za poskytnutí podkladových dat a zaměstnancům firmy za praktické rady. Poděkovat bych chtěl také firmě CEDA za zapůjčení dat.

Abstrakt

Diplomová práce se skládá ze dvou tématických částí. První část je postavena na teoretických základech návrhu prostorových databází, druhá část na teorii grafových algoritmů.

Úlohou první části práce je vytvořit databázový model, který bude dodržovat všechna pravidla datového modelování. V konceptuální fázi modelování jsou specifikovány požadavky na data, na základě kterých je vytvořeno logické databázové schéma. Logický databázové schéma je transformováno do fyzického uložení personální geodatabáze.

Úlohou druhé části práce je aplikovat síťové algoritmy, které budou zefektivňovat řízení a organizaci přepravy. Grafové algoritmy jsou realizovány prostřednictvím extenze Network Analyst v softwaru ESRI nad daty uloženými ve vytvořené geodatabázi. Na základě druhé části práce bude zjištěna funkčnost vytvořeného databázového modelu.

Klíčová slova: Návrh geografické databáze, síťová analýza

Vedoucí práce: Mgr. Přemysl Štych, Ph.D.

Abstract

This thesis is divided into two thematic parts. The first one targets geodatabases design process. The second section of thesis contains application of graph algorithms over the final data model.

The goal of the first section is to design a data model. In the first step of data modeling process all the available data information is organized at the conceptual data model. On grounds of conceptual data model is built-up logical data model. Logical scheme is transformed to physical design of personal geodatabase. Final data model design follows all data modeling rules through the data model process.

The goal of second section of this thesis is to realize graph algorithms over the data model. The application of graph algorithms over the network contributes to efficiency of organization and management at the sphere of logistic system. These algorithms will apply through ESRI extension Network Analyst. Functionality of data model will be verified on the basis of this part.

Keywords: Geodatabase design, Network analyse

Supervisor: Mgr. Přemysl Štych, Ph.D.

Obsah

1. Úvod.....	10
1.1. Cíle práce.....	10
1.2. Členění práce.....	10
2. Úvod do problematiky	12
2.1. Geografická databáze	12
2.1.1. Tři generace GIS	13
2.1.2. Typy DBMS pro geografickou databázi	14
2.1.2.1. Relační databázový model	15
2.1.2.2. Objektově orientovaný databázový model.....	19
2.1.2.3. ORDBMS	22
2.1.3. Standardy OGC	23
2.1.3.1. Geometrický model prostorových dat	23
2.1.3.2 Implementace geometrického modelu v SQL.....	24
2.2. Modelování geografické databáze.....	27
2.2.1. E-R model	28
2.2.2. EE-R model	30
2.2.3. UML	32
2.2.3.1. Diagram tříd (class diagram).....	33
2.3. Síťové analýzy.....	38
2.3.1. Grafy.....	38
2.3.1.1. Reprezentace grafu	39
2.3.3. Grafové algoritmy	42
2.3.3.1. Algoritmy pro prohledávání grafu.....	42
2.3.3.2. Algoritmy nejlevnějších cest grafem.....	43
3. Metodika	47
3.1. Metodika návrhu databázového modelu	47
3.1.1. Etapy vedoucí k návrhu geografické databáze	47
3.2. Metodika vystavění síťové datové sady nad geografickou databází.....	48
3.3. Metodika vymezení obslužných rajónů a rozdělování tras	48
4. Aplikační část.....	50
4.1. Postup zpracování vedoucí k návrhu geografické databáze.....	50

4.1.1. Požadavky na data, specifikace dat a zdroje dat	50
4.1.2. Logický návrh databázového schématu	51
4.1.3. Export logického databázového schématu do fyzické struktury databáze	52
4.1.4. Naplnění personální geodatabáze daty a její testování.....	52
4.1.5. Tvorba metadat.....	53
4.2. Postup zpracování vedoucí k návrhu síťové datové sady nad vytvořenou geodatabází.....	53
4.2.1 Vytvoření síťové datové sady.....	53
4.2.2. Definování pravidel nad síťovou datovou sadou	53
4.3. Vymezování obslužných rajónů	57
4.3.1. Přiřazení adresných bodů liniím silničního segmentu.....	57
4.3.2. Vytvoření bodové třídy představující místa doručení zásilek	58
4.3.3. Vymezení obslužných rajónů v závislosti na maximálním vytížení přepravních vozidel	59
4.3.4. Vymezení pevných obslužných rajónů	64
4.4. Vymezení optimálních tras v obslužných rajónech.....	65
4.5. Generování soupisek rozvozů a itineráře tras	68
4.6. Zhodnocení parametrů generovaných tras	70
4.7. Započítávané charakteristiky a možné aplikace nad vytvořeným databázovým modelem	71
5. Diskuze	73
5.1. Diskuze o metodice	73
5.1.1. Diskuze k metodice návrhu databáze	73
5.1.2. Diskuze k metodice výstavby síťové datové sady.....	74
5.1.3. Diskuze k vymezení obslužných rajónů	75
5.1.4. Diskuze k vymezení optimálních tras v obslužných rajónech	76
5.2. Diskuze k výsledkům práce.....	76
6. Závěr.....	77
7. Seznam zdrojů	78
7.1. Seznam literatury.....	78
7.2. Seznam hlavních internetových zdrojů	79
7.3. Seznam ostatních zdrojů.....	79
8. Seznam použitých zkratk.....	80
9. Seznam obrázků	83

10. Seznam tabulek.....	84
11. Seznam map	84
12. Seznam příloh	85

1. Úvod

Tato diplomová práce se skládá ze dvou tématických celků. První část je zaměřena na návrh databázového modelu. Po jeho sestavení budou do modelu importována data, nad kterými budu realizovat síťové analýzy v prostředí GIS. Aplikace síťových analýz bude naplní druhé části práce.

Jako zpracovávané území jsem zvolil městské části Prahy 4, Prahy 11 a Prahy 12 zahrnujících celkem 21 katastrálních území.

1.1. Cíle práce

Práce si klade dva základní cíle:

1) Navrhnout databázový model pro logistické účely, na základě kterého bude možno realizovat rozvoz zboží v závislosti na:

- a) časovém termínu doručení zásilek
- b) přepravní kapacitě automobilů
- c) najeté vzdálenosti

2) Realizace síťových analýz, které budou aplikovány nad navrženým databázovým modelem

1.2. Členění práce

Práce je členěna do šesti základních kapitol:

1. *Úvod* (tato kapitola): V této kapitole jsou stanoveny cíle práce.
2. *Úvod do problematiky*: Tato kapitola zahrnuje popis teoretických aspektů, na základě kterých je vystavěn praktický základ této práce.
3. *Metodika*: Kapitola popisuje použitou metodiku procesu návrhu databáze a metodiku vymezení obslužných rajónů přepravním vozidlům.

4. *Aplikační část:* Na základě navržené metodiky realizuje proces návrhu databáze a předkládá řešení vymezující obslužných rajónů přepravním vozidlům. V závěru této kapitoly jsou zmíněny výsledky.

5. *Diskuze:* V této kapitole jsou diskutována řešení, která jsem využil ve srovnání s jinými řešeními. V závěru této kapitoly je zmíněno porovnání obou realizovaných způsobů vymezení obslužných rajónů.

6. *Závěr:* Tato kapitola shrnuje stěžejní části této práce.

2. Úvod do problematiky

Vzhledem k charakteru práce je úvodní kapitola rozdělena do třech základních částí: Geografická databáze, modelování geografické databáze a grafové algoritmy. Tyto části zahrnují vybrané kapitoly z daných tématických okruhů, na kterých je postaven teoretický základ této práce. Kapitoly také obsahují rozbor problematiky, která s touto prací úzce souvisí.

První kapitola zahrnuje informace o vývoji architektury GIS a typech DBMS, které využívá geografická databáze. Druhá část kapitoly je věnována standardizaci prostorových datových typů podle zásad OGC. Je zmíněn objektový model prostorových dat a jeho implementace v prostředí jazyka SQL.

Druhá kapitola obsahuje základní informace o metodikách modelování geografické databáze. Jsou popsány jednotlivé etapy návrhu geografické databáze vedoucí k metodicky správnému návrhu. Další část kapitoly je věnována modelovacím technikám, pomocí kterých se v CASE nástrojích modelují databáze.

Poslední kapitola obsahuje informace o základních aspektech teorie grafů, na základě kterých jsou v GIS vykonávány síťové analýzy. V závěru kapitoly jsou zmíněny grafové algoritmy představující teoretický základ pro aplikaci síťových analýz. Jsou popsány používané algoritmy zjišťující dostupnost uzlů sítě a algoritmy řešící problém nalezení nejlevnější cesty mezi uzly.

2.1. Geografická databáze

Geografická databáze je navržena k ukládání prostorových dat. Prostorová data jsou tvořena geometrickou a atributovou složkou (Kolář, 1997). Geometrická složka reprezentuje geometrii objektů, atributová složka znázorňuje popis dat. Způsob uložení prostorových dat je závislý na architektuře GIS. Ta se s postupem doby vyvíjela a reflektovala tak zvyšující se nároky na zpracování, manipulaci a správu dat. Významný faktor ovlivňující vývoj GIS architektury byl spjat s rozvojem databázových technologií, respektive s vývojem jednotlivých typů DBMS.

2.1.1. Tři generace GIS

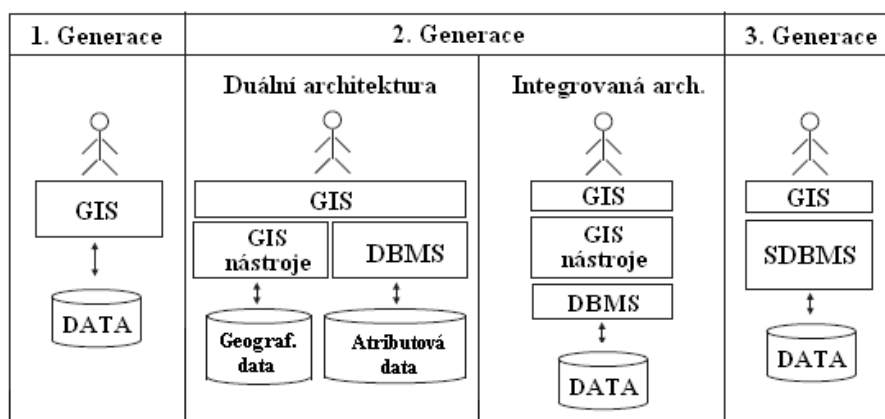
Vývoj GIS architektury zahrnuje *tři generace GIS* (obr. 1). V první generaci GIS byla prostorová data ukládána do souborů, kde polohové a popisné atributy nebyly od sebe vzájemně odděleny. Každému souboru bylo možno přiřadit jen jednu tabulku. Všechny tabulky měly stejnou strukturu a nebylo možné je mezi sebou vzájemně propojovat pomocí klíčových atributů. Tato architektura je spjata s čistě rastrovým formátem a v současnosti je využívána jen některými GIS, například systémem IDRISI (Jedlička, 2003).

Druhá generace GIS rozlišuje *duální a integrovanou architekturu GIS*. Obě architektury využívají nasazení RDBMS. V *duálním systému* jsou atributová a geometrická data spravována odděleně. Geometrická data jsou zpracovávána systémem pro zpracování prostorových dat. Správa atributových dat je zajištěna RDBMS. Oddělená správa geometrické a atributové složky dat však klade vyšší nároky na udržení databáze v konzistentním stavu. Příkladem jsou GIS podporující formát shapefile, ve kterém je oddělena geometrická složka od atributové a jejich propojení zprostředkovává indexový soubor.

Integrovaná architektura GIS ukládá geometrická i atributová data společně. Mezi GIS a databázi je implementován middleware, který zajišťuje manipulaci s geometrickými daty. Atributová složka dat je spravována RDBMS. Integrací popisných a geometrických dat tak vzniká bezešvá databáze. Příkladem takové technologie je ArcSDE od firmy ESRI.

Třetí generace GIS je spjata s nasazením SDBMS. Mezi základní charakteristiky SDBMS patří podpora abstraktních datových typů a využití dotazovacího jazyka. SDBMS podporuje také prostorové indexování a poskytuje metody pro vyhodnocování globálně optimalizovaných dotazů nad prostorovými daty. Tyto systémy GIS jsou založeny na objektově orientovaném přístupu k datům a využívají objektově orientovaných databázových modelů (OODBMS, ORDBMS). Z hlediska architektury SDBMS představuje zvolený DBMS, do kterého je přímo implementován softwarový modul zajišťující management prostorových dat (Shekhar, 2003). Příkladem takového modulu pracujícím nad ORDBMS je například Spatial Data Blade od firmy Illustra či Spatial Data Cartridge od firmy Oracle.

Obr. 1: Vývoj architektury GIS



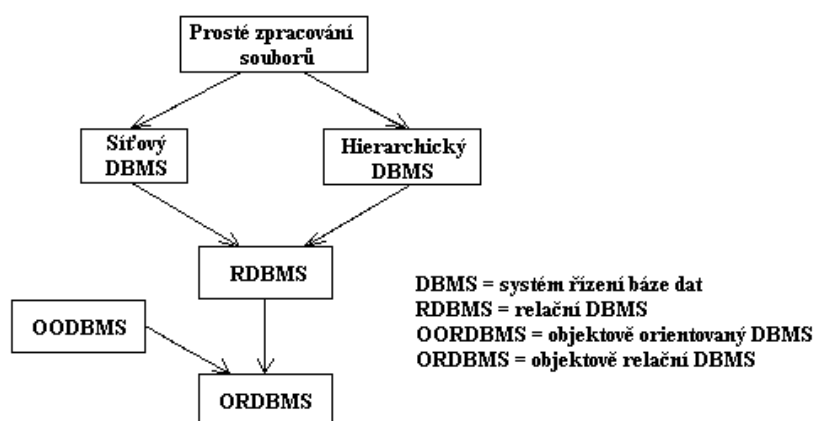
zdroj: Brisaboa, 2006

2.1.2. Typy DBMS pro geografickou databázi

Systém řízení báze dat je skupina programů fungující jako rozhraní mezi databází a uživatelem, případně aplikačním programem. Základní složky tvoří program pro definici dat, program pro manipulaci s daty a program pro řízení přístupu uživatelů k datům (Pokorný, 2004). Typy DBMS se liší podle typu databázového modelu.

V době před existencí relačního modelu se využívaly dva databázové modely: hierarchický a síťový. S těmito modely se bylo možné setkat u systémů první generace GIS (Jedlička, 2003). V dnešní době se již prakticky nevyužívají. V současné době geografické databáze využívají relační, objektově orientovaný, případně objektově-relační databázový model. Vývojové etapy systémů řízeníází dat zachycuje obr. 2.

Obr. 2: Vývoj DBMS



zdroj: Shekhar, 2006

2.1.2.1. Relační databázový model

Relační databázový model patří v současné době mezi nejvyužívanější a to i v oblasti GIS. Je spjat s duální či integrovanou architekturou GIS, která využívá nasazení právě tohoto databázového modelu.

Definice relace a relačního schématu

Relační databázový model (RDM) je založen na matematickém pojmu relace. Relace je popsána relačním schématem.

Relační schéma je definováno jako výraz $R(A, f)$, kde R je jméno schématu, $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ je konečná množina jmen atributů a f je zobrazení přiřazující každému atributu A_i neprázdnou množinu (obor hodnot atributu), která se nazývá doména atributu D_i , tedy $f(A_i) = D_i$ (Pokorný, 2004).

Relace R s relačním schématem R je konečná podmnožina kartézského součinu domén D_i příslušejících jednotlivým atributům A_i , tedy R je podmnožinou kartézského součinu $D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$. Číslo n určuje stupeň relace (Šarmanová, 2002).

Relace je znázorňována jako dvourozměrná tabulka tvořená sloupci a řádky. Sloupce odpovídají atributům a řádky představují jednotlivé entity. V tomto důsledku se často v databázovém názvosloví používá nepřesného označení tabulka místo pojmu relace. Žádná entita v relaci však nesmí být duplicitní. Tato podmínka je zaručena zvolením primárního klíče, který jednoznačně identifikuje každou entitu. V relaci také nezáleží na pořadí řádků. V tabulce je pořadí řádků pevně určeno.

Vztahy mezi relacemi

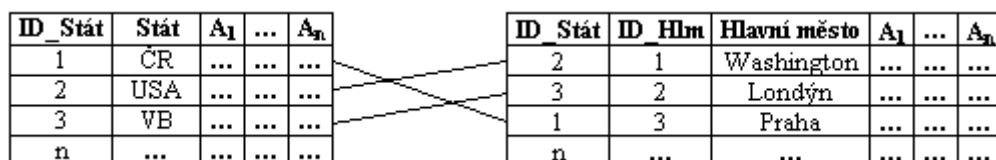
Mezi jednotlivými entitami ve skutečnosti existují vztahy. Vztahy, které chceme v systému evidovat, se realizují pomocí relací. Rozeznávají se tři základní vztahy mezi relacemi a jejich typ je určen kardinalitou vztahu. V závislosti na počtu vztahů mezi entitami různých relací se vztahy dělí na unární, binární a n -ární.

Vazba typu 1:1 uvádí do vztahu jednu entitu z relace R_1 s nejvýše jednou entitou z relace R_2 . Ve vazbě typu 1:N je každá entita z relace R_1 spojena vazbou s žádnou či více entitami z relace R_2 , ale každá entita z relace R_2 je spojena s nejvýše jednou entitou z relace R_1 . Ve vazbě typu M:N může mít každá entita z relace R_1 vztah k N entitám z relace R_2 .

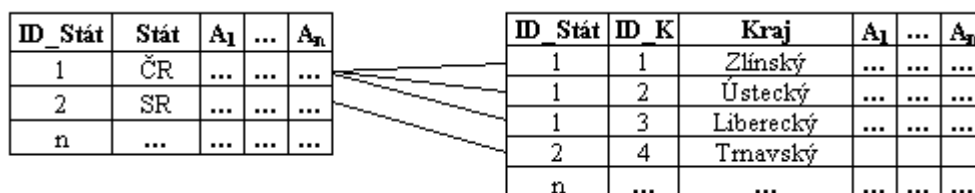
a naopak každá entita z relace R_2 může mít vztah k N entitám z relace R_1 (Šarmanová, 2002).
Příklady typů vazeb znázorňuje obrázek 3.

Obr. 3: Vyjádření vztahů mezi entitními typy v RDM

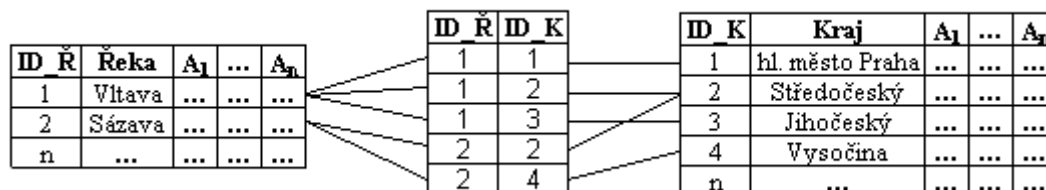
a) Kardinalita vztahu 1:1



b) Kardinalita vztahu 1:N



c) Kardinalita vztahu M:N



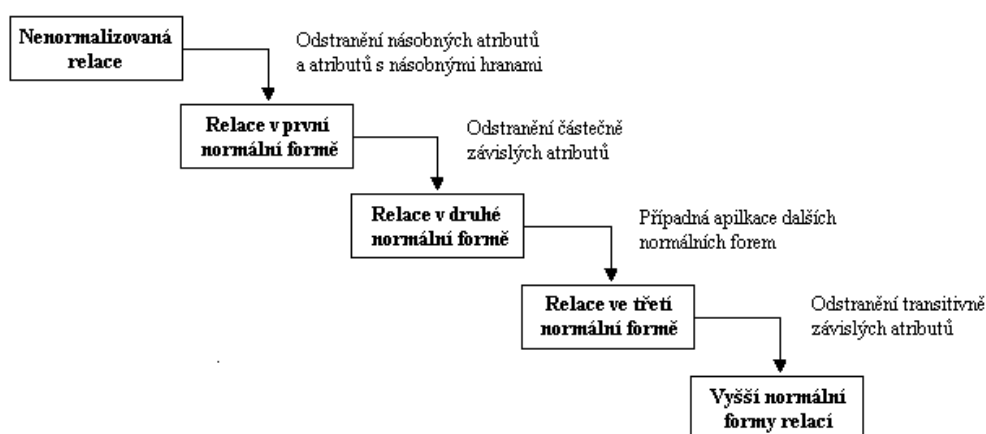
zdroj: vlastní

Při implementaci vztahů mezi relacemi jsou jednotlivé typy vazeb realizovány odlišně. V případě vazby M:N je vztah dekomponován na dvě vazby 1:N. Vzniká tak nová vazební relace. Jméno nově vzniklé relace je obvykle totožné se jménem vztahu mezi relacemi. Její primární klíč se skládá ze dvojice primárních klíčů příslušejících entit. Vazby 1:N a 1:1 není nutné implementovat do nové vazební relace. U vazby 1:1 se přidává primární klíč jedné z relací do relace druhé. Vznikne tak nový atribut, který je nazýván jako cizí klíč. U vazby 1:N je primární klíč ze strany 1 umístěn jako cizí klíč na stranu N (Shekhar, 2003).

S relačním databázovým modelem a jeho návrhem je úzce spjat termín normalizace databáze. Cílem návrhu je navrhnout relační schéma tak, aby data v databázi nebyla zatížena zbytečnou redundancí a aby nedocházelo ke vzniku aktualizacích anomálií. Normalizací databáze se definuje proces, ve kterém postupně dochází k dekompozici nevhodně navržených schémat (Pokorný, 2004). Normalizace je prováděna v určitém počtu kroků. Každý z nich je představován normální formou.

Prakticky se využívají první tři normální formy. Existuje však ještě Boyce-Coddova, čtvrtá a pátá normální forma. Tyto normální formy nabývají teoretického významu a využívají se jen ve speciálních případech. Boyce-Coddova normální forma je považována za variaci třetí normální formy (Pokorný, 2004). Proces normalizace dat popisuje obrázek 4.

Obr. 4: Proces normalizace dat



Zdroj: Osborne, 2006

Výsledkem normalizace databáze by mělo být vhodně navržené schéma databáze, které zajistí efektivní dotazování se na data a snadnou aktualizaci databáze.

Integritní omezení

Integritní omezení je souhrn pravidel, které udržují konzistentní stav databáze (Pokorný, 2004). Jsou definována na množinách entit, atributů a vazeb.

Mezi *entitní integritní omezení* patří zvolení primárního klíče, který jednoznačně určuje záznamy v relaci a vylučuje tak jejich duplicitu. *Doménová integritní omezení* se

vztahují k atributům. Specifikují jejich datový typ, přípustný rozsah hodnot, případně přípustnost NULL hodnot. Integritní omezení týkající se vztahů mezi entitami participujících relací jsou označována jako *referenční integritní omezení*. Jsou určena kardinalitou vztahu, případně povinností či nepovinností členství entit ve vztahu (Šarmanová, 2002).

Získávání informací v RDM

Získávání informací z dat se provádí prostřednictvím dotazovacích jazyků. Dotazovací jazyky určené pro vyhledávání informací se dělí do dvou skupin. První skupinu tvoří jazyky procedurální. Teoretickým základem tohoto přístupu v RDM je relační algebra. Druhá skupina je tvořena neprocedurálními jazyky a jejich teoretický základ definuje relační kalkul (Kroha, 1988). V praktických případech mají ovšem používané jazyky rysy obou zmíněných přístupů.

Relační algebra představuje souhrn operací, které pracují s relacemi. Na relace se aplikují operátory relační algebry. Výsledkem těchto operací jsou opět relace (Šarmanová, 2002). Mezi základní operace relační algebry patří selekce, projekce, kartézský součin, spojení, sjednocení, rozdíl a průnik.

Relační kalkul je dotazovací jazyk vystavěný na bázi logiky. Vyskytuje se ve dvou formách. N-ticový relační kalkul byl zaveden jako dotazovací jazyk při vzniku RDM. Druhou formou relačního kalkulu je doménový relační kalkul (Pokorný, 2004). V n-ticovém relačním kalkulu je proměnná reprezentována n-ticí představující prvek relace. Doménový relační kalkul pracuje s hodnotami jednotlivých n-tic.

Z hlediska možnosti formulace výběrových podmínek jsou oba jazyky ekvivalentní. Dotaz formulovaný v relační algebře lze vyjádřit v relačním kalkulu a naopak (Šarmanová, 2002). Dotazovací jazyky implementované do DBMS jsou založené na teoretických základech relační algebry a relačního kalkulu, avšak navíc poskytují nadstavbové funkce a podporují bohatší syntaxi jazyka. Pro RDBMS se takovým standardizovaným jazykem stal jazyk SQL.

Výhody a nevýhody RDM

V RDM je přímo zabudována víceúrovňová integrita, která je součástí definice databázového schématu. Dodržování integritních omezení je kontrolováno konkrétním

RDBMS. Implementování integritních omezení v databázovém schématu předurčuje konzistenci dat v databázi.

Další výhodou relačních databází je logická i fyzická nezávislost dat na databázové aplikaci. Logické změny v průběhu návrhu a fyzické změny v průběhu implementace nemají vliv na databázovou aplikaci vystavěnou pro původní logický návrh databáze a databázový software (Hernandez, 2003).

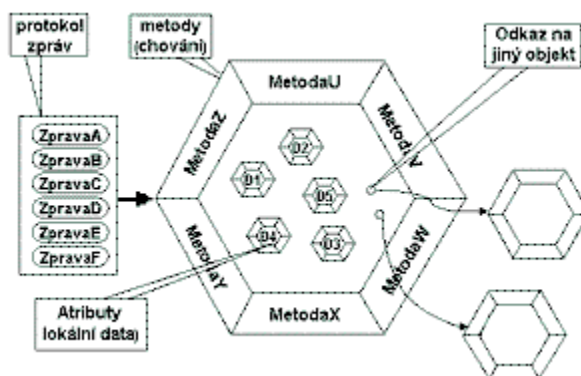
Relační databáze je také velmi flexibilní a lze z ní snadno získávat informace. Data mohou být získána z určité relace nebo z libovolného počtu relací, které spolu vstupují do vztahu. Tento princip dotazování dat umožňuje získávat informace téměř neomezeným počtem způsobů. (Hernandez, 2003). Standardizovaným jazykem pro práci s daty v relačních databázích je SQL.

Ve srovnání s hierarchickým a síťovým modelem je vyhledávání záznamů pomalejší. Vyhledávání záznamů v hierarchickém a síťovém modelu je založeno na využití odkazů mezi záznamy, které je rychlejší než vyhledávání informací v RDM.

2.1.2.2. Objektově orientovaný databázový model

Koncepce objektově orientovaného databázového modelu vychází z objektově orientovaného přístupu k datům. Data jsou vztahena k objektům, které představují entity reálného světa. Základním prvkem v objektově orientovaném databázovém modelu je objekt. Strukturu objektu znázorňuje obrázek 5a.

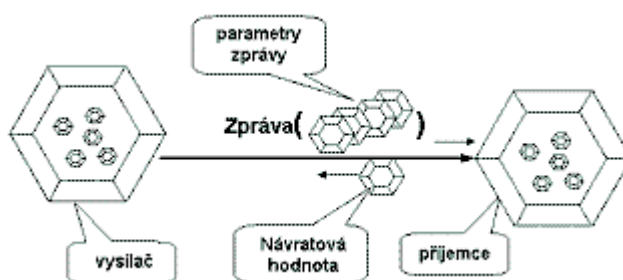
Obr. 5a: Znázornění struktury objektu



zdroj: <http://mpavus.wz.cz>

Objekt je popsán identitou, vnitřním stavem a chováním. *Identita* objektu je zajištěna pomocí identifikátoru objektu (OID). Každý objekt má unikátní a po dobu své existence neměnný OID. *Vnitřní stav* objektu je popsán množinou proměnných, které specifikují vlastnosti objektů. *Chování* objektu je určeno metodami, tj. posloupnostmi kódů, které vykonávají operace nad určitými objekty. Metody jsou aktivovány prostřednictvím *zpráv*, prostřednictvím kterých je zajištěna komunikace mezi objekty (obr. 5b). Objekty se stejnými vlastnostmi a metodami jsou řazeny do *tříd*.

Obr. 5b: Zasílání zpráv mezi objekty



zdroj: <http://mpavus.wz.cz>

Objekty vykazují charakteristiky, které jsou odvozené z objektově orientovaného programování. Mezi základní patří zapouzdření, dědičnost a polymorfismus.

Zapouzdření neumožňuje přímý přístup k datové složce objektu. K proměnným je možno přistupovat pouze přes určité rozhraní, které je tvořeno nadefinovanými metodami. Použití metod se aplikuje prostřednictvím posílání zpráv. Metodou zapouzdření je mimo jiné podporována konzistence dat v databázi.

Dědičnost dovoluje odvozovat z existujících tříd třídu nové (podtřídy). Podtřída dědí atributy a metody od rodičovské třídy (nadtřídy). U podtřídy lze specifikovat nové atributy a metody. Využitím dědičnosti je možné dosáhnout komplexnější formy modelování objektů (Pokorný, 2004).

Polymorfismus je schopnost aplikovat určitou metodu na objekty patřících do různých tříd.

Pro objektově orientované databáze existují standardy, které jsou určovány ODMG (Object database management group). ODMG však není tradičním standardizovaným orgánem, ale konsorciem, které seskupuje firmy a akademické organizace působících v oblasti objektově orientovaných technologií (Kinský, www.dbsvet.cz). Přesto ODMG vytvořila standardy pro obecnou strukturu OODBMS.

Aktuální verze ODMG 3.0 z roku 2000 zahrnuje definici objektového modelu, jazyk pro definici objektů ODL (Object Definition Language), dotazovací jazyk OQL (Object Query Language) a vazby na programovací jazyky C++, Smalltalk a Javu (Kinský, 2004).

Vytvořením standardů bylo umožněno spojit různé varianty objektově orientovaných přístupů v oblasti OODBMS. Tím byla mezi systémy ustanovena interoperabilita, která zajistila širší možnost využití objektově orientovaných databází.

Výhody a nevýhody OODBMS

Výhody objektově orientovaných databází plynou z podpory objektově orientovaného programování.

Objektově orientovaný přístup umožňuje přímé vyjádření složitostí modelované reality v databázi. V objektovém modelování je databázová úroveň posunuta mnohem blíže k úrovni konceptuální. Objekty jsou modelovány jako entity reálného světa a vyjadřují definované chování. Uložení objektů do databáze odpadá jejich převod do normalizovaných forem známého z relačního modelu. Tím je zajištěno i snadnější načítání objektů do aplikací (Procházka, www.dbsvet.cz).

Objektové databáze efektivně ukládají komplexní datové struktury a umožňují nad nimi provádět složité operace. Integrita dat je zajištěna již na úrovni objektů. Objektově orientovaný přístup poskytuje schopnost programování databáze. Výsledný kód se snadno udržuje a aktualizuje.

Nevýhodou OODBMS je vyšší složitost návrhu a vývoje databáze. Ve srovnání s RDBMS nemají tak silnou tradici. To je také jeden z důvodů, proč jsou zatím s OODBMS vykazovány menší teoretické i praktické zkušenosti.

2.1.2.3. ORDBMS

ORDBMS je rozšířením RDBMS o prvky objektové technologie. Rozšiřitelnost spočívá v možnosti aplikovat nové datové typy, které jsou definovány ve standardu jazyka SQL z roku 1999 SQL3 (SQL99). Základním konstruktem v této třetí verzi však nadále zůstává relace, do které je možné vkládat objekty a následně se na ně dotazovat. Integrace klasických atributových dat s objekty předurčují ORDBMS k širšímu aplikačnímu využití.

Nové datové typy v SQL3

Standard jazyka SQL3 definuje nové datové typy: uživatelem definované typy, typy řádků, typy kolekcí a velké objekty. Nad datovými typy jsou definovány uživatelem definované funkce.

Uživatelsky definované typy (UDTs) jsou vyjádřeny v podobě abstraktních datových typů, pojmenovaných typů řádků a odlišujících typů (Pokorný, 2007). *Abstraktní datové typy (ADTs)* umožňují vytvářet komplexní datové struktury ve formě objektů. Jejich datová struktura je tvořena n-ticemi atributů, nad kterými jsou definované přípustné operace. Atributy s operacemi jsou zapouzdřeny a uloženy jako objekty do relací. *Pojmenované typy řádků* slouží jako konstruktory pro definici tabulek. Na rozdíl od ADTs nejsou zapouzdřeny. *Odlišující typy* rozlišují mezi hodnotami stejných základních typů. Jejich aplikací lze deklarovat neporovnatelnost logicky neporovnatelných hodnot.

Typy řádků jsou definovány posloupností atributů daných jménem a datovým typem. Pomocí typu řádku lze na databázové úrovni strukturovat složené atributy, stejně tak jako na konceptuální úrovni (Pokorný, 2007).

Ve standardu SQL3 je definován pouze jeden *typ kolekce - pole*. Do atributu typu pole lze uložit posloupnost hodnot stejného datového typu (Pokorný, 2007).

Velké objekty (Large Objects) jsou ukládány do databáze ve formě binárních (Binary Large Objects) či znakových objektů (Character Large Objects). Jejich umístění v databázích bylo možné již dříve, avšak bez jakékoliv podpory. Pomocí jazyka SQL3 je lze ukládat přímo do relací. Hodnoty atributů deklarovaných jako LOB mohou být aktualizovány a vybírány, stejně jako hodnoty jakýchkoliv jiných atributů. Nelze je ale porovnávat a používat jako cizí klíče (Pokorný, 2007).

Uživatelem definované funkce (UDFs) určují chování objektů. Mohou být deklarovány přímo v SQL3 nebo externě v objektově orientovaném jazyce.

ORDBMS kombinují výhody plynoucí z objektového přístupu a z relačních technologií. Umožňují definovat nové datové typy, které jsou společně ukládány s ostatními datovými typy do relací. Jsou tedy zachovány relační základy včetně deklarativního přístupu k datům. Pro komunikaci s daty je využívána standardizovaná verze jazyka SQL.

Z hlediska modelování databáze je možné komplexněji modelovat realitu. N-ticové atributy představují složité datové typy včetně hnížděných relací. Funkce modelované nad objekty určují jejich chování.

Další výhoda je představována v rozšiřitelnosti ORDBMS o určitý typový aparát v podobě plug-in. Tyto typové aparáty jsou přizpůsobeny k manipulaci se speciálními datovými typy jako jsou prostorová data, multimedia a jiné.

Mezi nevýhody ORDBMS patří jejich složitost. Přes všechna vylepšení jazyka SQL se verze jazyka SQL3 stala uživatelsky náročnou (Pokorný, 2004).

2.1.3. Standardy OGC

Pro ukládání prostorových objektů je specifikován standard schválený organizací OGC. Vychází z geometrického modelu, na základě kterého byly definovány prostorové datové typy a prostorové funkce.

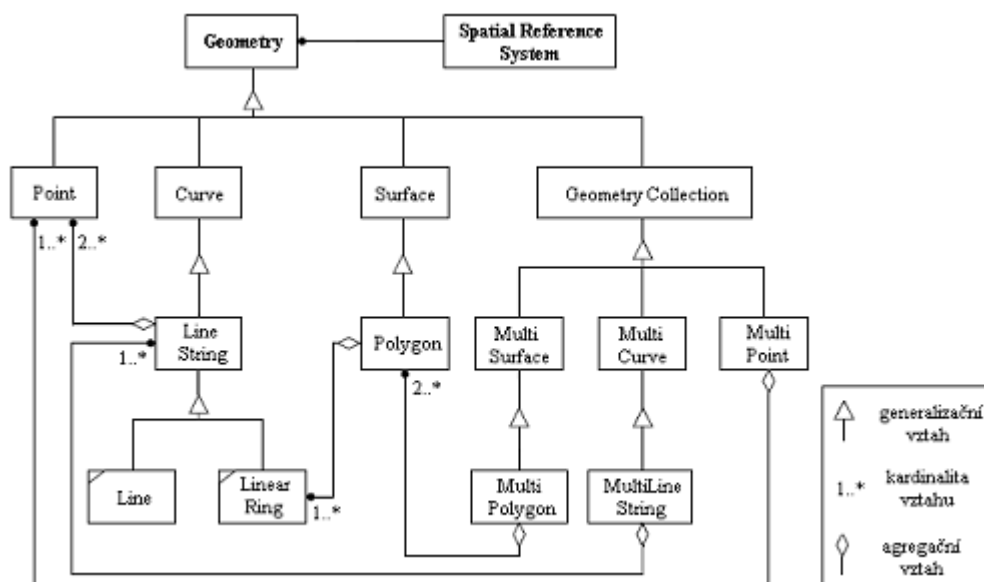
2.1.3.1. Geometrický model prostorových dat

Geometrický model prostorových dat je nezávislý na platformě. Je znázorněn jako objektově orientovaný model vyjadřující několikanásobnou hierarchii tříd a je popsán v notaci UML (obr. 6). Základní třídou je abstraktní třída *Geometry*, která je navázána na třídu *Spatial Reference System*. Tímto spojením je určen souřadný systém pro každý definovaný geometrický prvek. Abstraktní třída *Geometry* obsahuje čtyři podtřídy: *Point* (Bod), *Curve* (Křivka), *Surface* (Povrch) a *Geometry Collection* (Složené geometrické prvky).

Třída *Point* ukládá bezrozměrné geometrické prvky (body). Třída *Curve* představuje abstraktní třídu jednodimenzionálních prvků. Je aproximována třídou *Line String* (lomená linie), která je tvořena posloupností dvou a více bodů a k jejímu vyjádření se používá metody lineární interpolace mezi body. Tato třída má dvě podtřídy. Podtřída *Line* (linie) znázorňuje

Line String tvořenou dvěma body a představuje úsečku. Podtřída *Linear Ring* (uzavřená linie) definuje jednoduchý a uzavřený Line String, kde křivka neprotíná sama sebe. Abstraktní třída *Surface* znázorňuje dvourozměrné geometrické prvky a je nadtřídou třídy *Polygon*. Polygony jsou definovány jednou vnější hranicí a žádnou nebo více vnitřními hranicemi v případě vnořených polygonů. Hranice polygonů jsou tvořeny objekty z třídy *Linear Ring*. Třída *Geometry Collection* představuje složené geometrické prvky daného typu: *MultiPoint*, *MultiCurve*, *MultiSurface*. *MultiCurve* a *MultiSurface* jsou abstraktní třídy a jsou nadtřídami tříd *MultiLine String* a *MultiPolygon*.

Obr. 6: Geometrický model prostorových dat



zdroj: OGIS, 1999

Pro každou třídu geometrického modelu jsou definovány specifické standardizované metody, které zprostředkovávají přípustné operace nad objekty. Na úrovni abstraktní třídy *Geometry* je navíc definována sada metod testující vzájemnou polohu geometrických objektů a sada metod podporující prostorovou analýzu (OGC, 1999).

2.1.3.2 Implementace geometrického modelu v SQL

Geometrický model je implementován v prostředí jazyka SQL. Na základě uložení geometrických objektů OGC navrhlo tři alternativy implementace:

1) Implementace objektů do tabulek v prostředí SQL92

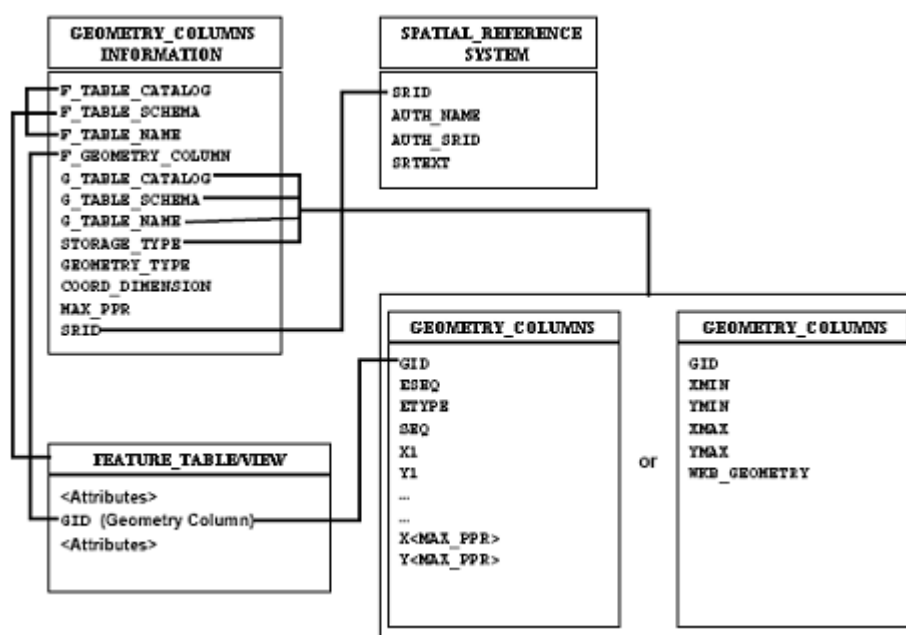
- a) s uložením geometrických objektů jako numerických typů
- b) s uložením geometrických objektů jako binárních typů

2) Implementace objektů do tabulek v prostředí SQL92 s geometrickými typy

Implementace objektů do tabulek v prostředí SQL92

Implementace v prostředí jazyka SQL92 definuje schémata pro uložení objektů do tabulek (obr. 7). Atributové hodnoty prvků jsou uloženy v tabulce *Feature table*, v tabulce *Geometry columns* je uložena geometrie prvků, tabulka *Spatial Reference System* specifikuje souřadný systém a tabulka *Geometry Column Information* ukládá metadata. Tabulky jsou vzájemně provázány prostřednictvím klíčových atributů.

Obr. 7: Schéma uložení objektů do tabulek v prostředí SQL92



zdroj: OGIS, 1999

Do tabulky *Feature table* se ukládají prvky (*features*). Každý prvek je představován řádkou v tabulce. Ve sloupcích jsou vyjádřeny atributy, které definují vlastnosti prvků. Přístup k geometrické složce prvků je zajištěn prostřednictvím cizího klíče GID, který zprostředkovává propojení s tabulkou *Geometry columns*.

Tabulka *Geometry columns* ukládá geometrii objektů. Ta může být implementována dvojím způsobem. Starší způsob uložení *Numeric Type* ukládá souřadnice jako číselné hodnoty v normalizovaných tabulkách. Druhý způsob uložení *Binary Type* ukládá geometrii objektů ve formě *Well-Known Binary Representation of Geometry (WKB Geometry)*, kde geometrie objektů je kódována do binárních souborů a je vyjádřena jedinou hodnotou.

Tabulka *Geometry Column Information* popisuje dostupné *Feature tables*. Ty jsou definovány atributy *F_Table_Catalog*, *F_Table_Schema* a *F_Table_Name*. Geometrie prvků je definována atributy *G_Table_Catalog*, *G_Table_Schema*, *G_Table_Name* a *Storage_Type*. Atribut *Storage_type* určuje numerický či binární typ uložení geometrických dat.

Tabulka *Spatial Reference System* ukládá informace o implementovaných souřadných systémech. Spojení s tabulkou *Geometry Column Information* je realizováno přes klíčový atribut *SRID*, který jednoznačně specifikuje souřadný systém.

Implementace tohoto typu nezahrnuje prostorové operátory jako přímou součást této specifikace.

Implementace objektů do tabulek v prostředí SQL92 s geometrickými typy

Implementace objektů do tabulek je realizována v prostředí jazyka SQL92 s geometrickými typy. Geometrie objektů je vyjádřena geometrickými hodnotami, které přímo představují určitý geometrický typ (např. bod, linie,...). V SQL jsou aplikovány na základě SQL hierarchie typů. SQL hierarchie typů představuje mírně omezenou variantu geometrického modelu.

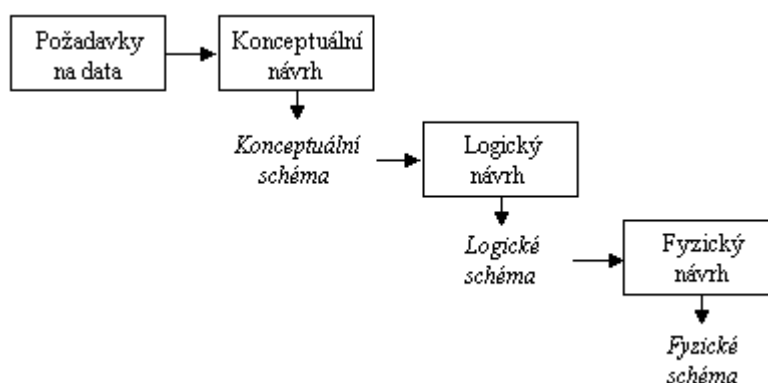
Uložení geometrických hodnot objektů je možné realizovat pomocí formátů *WKT Geometry* a *WKB Geometry*. Nad těmito formáty jsou definovány funkce, které umožňují převést objekty z textové, respektive binární reprezentace do geometrického vyjádření a naopak. Definovány jsou také funkce, které jsou aplikovány nad jednotlivými objekty a funkce, které testují prostorové vztahy mezi objekty.

Se standardizací SQL 3 z roku 1999 lze v SQL deklarovat geometrické typy včetně funkcí pomocí abstraktních datových typů.

2.2. Modelování geografické databáze

Proces modelování geografické databáze je rozdělen do tří základních fází, které na sebe vzájemně navazují. Výsledkem každé této fáze je databázové schéma (obr. 8). Postupně vzniká *konceptuální, logické a fyzické databázové schéma*.

Obr. 8: Proces modelování databáze



zdroj: Zendulka, 2003

Konceptuální datový model popisuje data v databázi. Definuje strukturu databáze na logické úrovni a je nezávislý na fyzickém uložení databáze (Šarmanová, 2002). Tento popis by měl co nejvýstižněji zobrazovat modelovanou část reality. Na vývoji konceptuálního modelu se podílí jak zadavatel, tak databázový analytik. Výsledkem je konceptuální schéma, které bývá vyjádřeno například E-R modelem nebo pomocí jazyka UML v podobě diagramu tříd (class diagram).

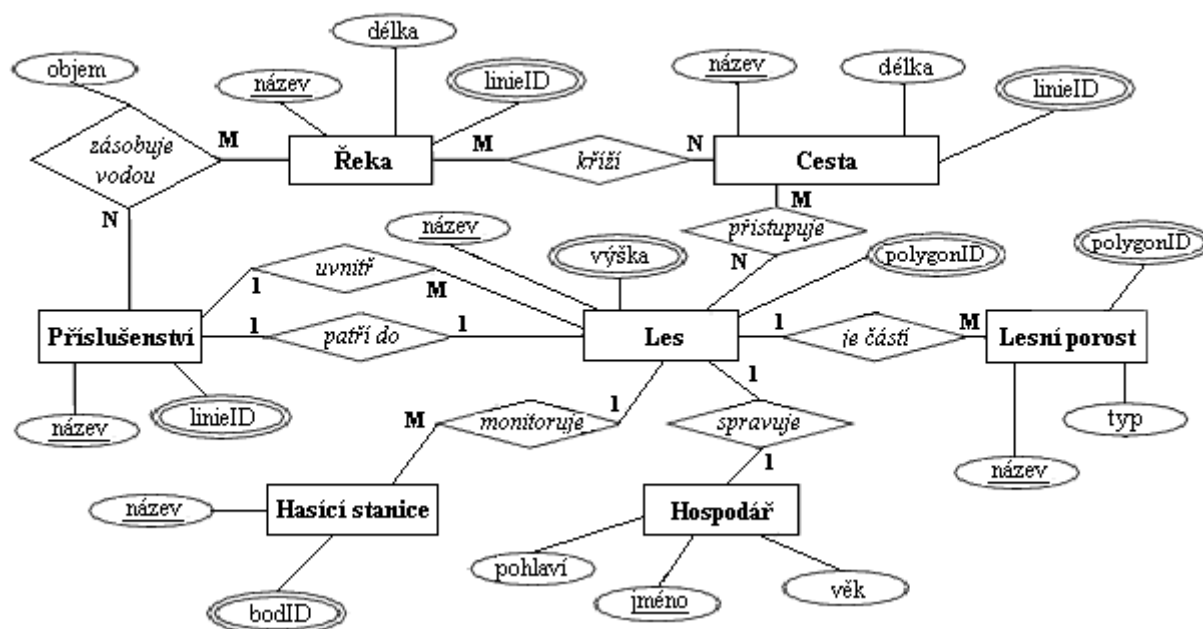
Logický datový model popisuje objekty v databázi a vztahy mezi nimi v závislosti na konkrétním DBMS a konkrétním programovém prostředí. Rozšiřuje konceptuální model o podrobnosti specifické pro dané prostředí, jako jsou například datové typy, realizace vazeb mezi daty a integritní omezení (Pokorný, 1992).

Fyzický datový model je finální fází modelovacího procesu a znázorňuje fyzické uložení dat.

2.2.1. E-R model

Mezi nejčastěji používané nástroje datové analýzy na konceptuální úrovni patří E-R modely (entity-relationship models). E-R model znázorňuje určitou míru abstrakce modelované reality a to pomocí grafické notace entitních typů, atributů a vztahů mezi entitními typy. Entitní typy jsou značeny obdélníkem, atributy oválem a vztahy kosočtvercem. Kardinality vztahů jsou znázorněny poměrem vyskytujících se entit, které spolu mohou přicházet do vztahu (1:1, 1:M, M:N). Klíčové atributy jsou podtrženy. Modelový příklad konceptuálního schématu vyjádřeného pomocí E-R modelu zobrazuje obrázek 9.

Obr. 9: Konceptuální schéma vyjádřené v E-R modelu



zdroj: Shekhar, 1999

E-R modely byly zkonstruovány za účelem jednoduché datové analýzy, do které nevstupují prostorová data. Přesto lze E-R model pro konceptuální modelování prostorových dat využít.

Transformace E-R modelu do logického databázového modelu

E-R model je úzce spjat s relačním typem databáze. Pomocí nástrojů CASE je transformován do logického schématu databáze. Převod E-R modelu do relačního databázového modelu respektuje několik základních pravidel (Shekhar, 2003):

- každý entitní typ je transformován do vlastní relace
- klíčový atribut entitního typu představuje primární klíč relace
- jestliže dva entitní typy spolu přicházejí do vztahu, tak klíčový atribut jednoho entitního typu se stává cizím klíčem participující relace (v případě kardinality vztahu 1:1 a 1:M)
- v případě kardinality vztahu M:N vzniká nová vazební relace. Její primární klíč je složen z obou primárních klíčů příslušejících entit
- prostorová informace je transformována do několika relací (obr. 10)

Obr. 10: Schéma uložení prostorové informace v relačním databázovém modelu

Bod

Bod_ID	Souřadnice_X	Souřadnice_Y
(Integer)	(Real)	(Real)

Linie

Linie_ID	Sekvence_Bodu	Bod_ID
(Integer)	(Integer)	(Integer)

Polygon

Polygon_ID	Sekvence_Bodu	Bod_ID
(Integer)	(Integer)	(Integer)

zdroj: Shekhar, 2004

Relace Body se skládá z atributů Bod_ID (PK) a zeměpisných souřadnic. Z daných souřadnic mohou být odvozeny souřadnice pro jiný referenční systém. Relace Linie obsahuje atributy Linie_ID (PK), Sekvence_Bodu a Bod_ID. Bod_ID je v této relaci cizím klíčem a atribut Sekvence_bodu určuje pořadí bodu tvořící linii. Obdobně jako liniová relace je tvořena relace Polygony. Atribut Polygon_ID je primárním klíčem relace, atribut Bod_ID cizím klíčem relace. Atribut Sekvence_Bodu určuje pořadí bodů tvořící polygon. Na rozdíl od linie je první a poslední bod totožný (Shekhar, 2003).

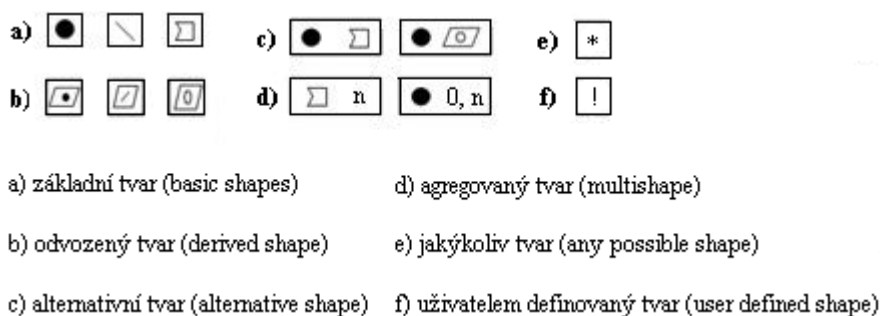
Transformace prostorové složky z E-R modelu do relací však není zcela optimální. Nejsou respektovány zásady OGIS konsorcia, které k uložení geometrické složky dat využívají geometrický model prostorových datových typů (viz kapitola 1.3.). Nad

geometrickým modelem prostorových datových typů jsou OGC definovány prostorové operace, funkce a metody. Ty musí být v E-R modelu modelovány explicitně pomocí vztahů mezi entitními typy.

2.2.2. EE-R model

Základní ideou EE-R modelu (extended entity-relationship model) je rozšíření E-R modelu o piktogramy. Piktogramy reprezentují geometrii entitního typu (shape). Prostorové vazby mezi entitními typy (relationship pictograms) jsou vyjádřeny implicitně. Souhrn piktogramů znázorňuje obr 11.

Obr. 11: Souhrn prostorových piktogramů používaných v E-ER modelu



zdroj: Shekhar, 1999

Základní tvar (basic shape): Vektorový model dat rozeznává tři základní geometrické tvary - bod, linii a polygon. Ve většině případů je prostorová složka entitních typů reprezentována piktogramy základního tvaru. V modelovém příkladu představuje bodový tvar piktogram entitního typu požární stanice, liniový tvar piktogram entitního typu cesty a entitní typ lesy je reprezentován piktogramem polygonového tvaru (obr. 12).

Agregovaný tvar (multishape): Agregovaný tvar se využívá k vyjádření souhrnných objektů stejného základního geometrického tvaru, které nelze znázornit jedním základním tvarem. Agregovaný tvar je určen základním tvarem, jeho kvantita je znázorněna kardinalitou.

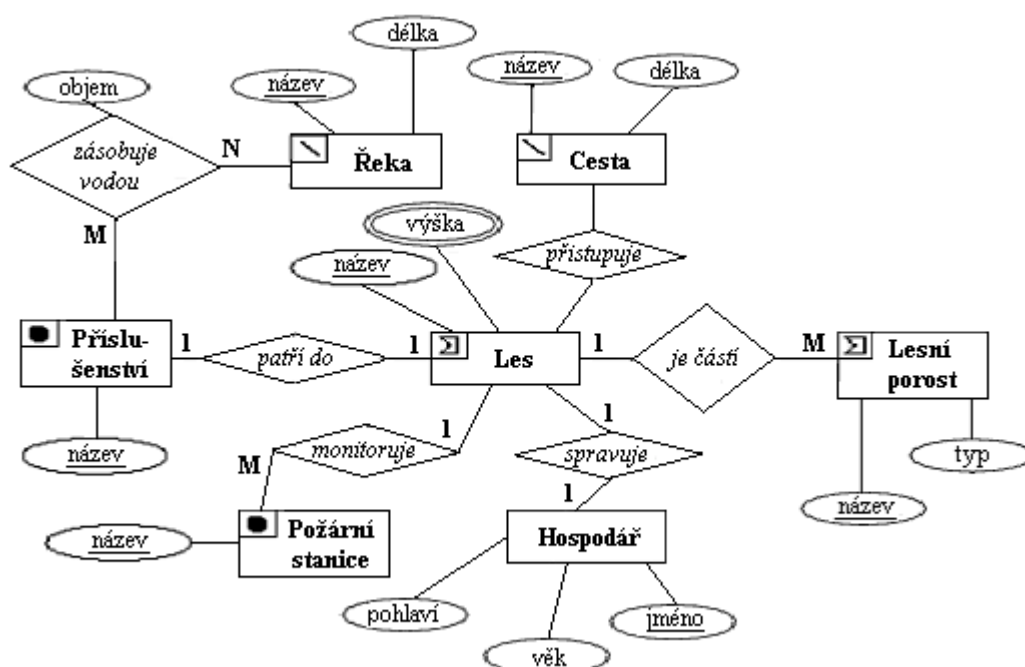
Odvozený tvar (derived shape): Jestliže je tvar objektu odvozen z jiného tvaru objektu, využívá se piktogram odvozeného tvaru.

Alternativní tvar (alternate shape): Piktogramy alternativního tvaru zaznamenávají objekty, které v závislosti na měřítku mění svoji prostorovou reprezentaci (například bod → polygon a opačně).

Jakýkoliv tvar (any possible shape): Piktogram tohoto tvaru reprezentuje kombinaci jakýchkoliv tvarů. Každý geometrický tvar je přípustný (bod, linie, polygon).

Uživatелеm definovaný tvar (user-defined shape): Nehledě na základní geometrické tvary (bod, linie, polygon) má uživatel možnost definovat vlastní tvary.

Obr. 12: Konceptuální schéma vyjádřené v EE-R modelu



zdroj: Shekhar, 1999

Transformace EE-R modelu do logického databázového modelu

Piktogramy reprezentující geometrickou složku objektů jsou transformovány na základě geometrického modelu prostorových datových typů v jazyce SQL3 (viz kap. 1.3). Na rozdíl od E-R modelu geometrická složka dat není modelována jako jakýkoliv neprostorový atribut. Jsou dodržovány standardy OGC specifikující prostorové datové typy, nad kterými je

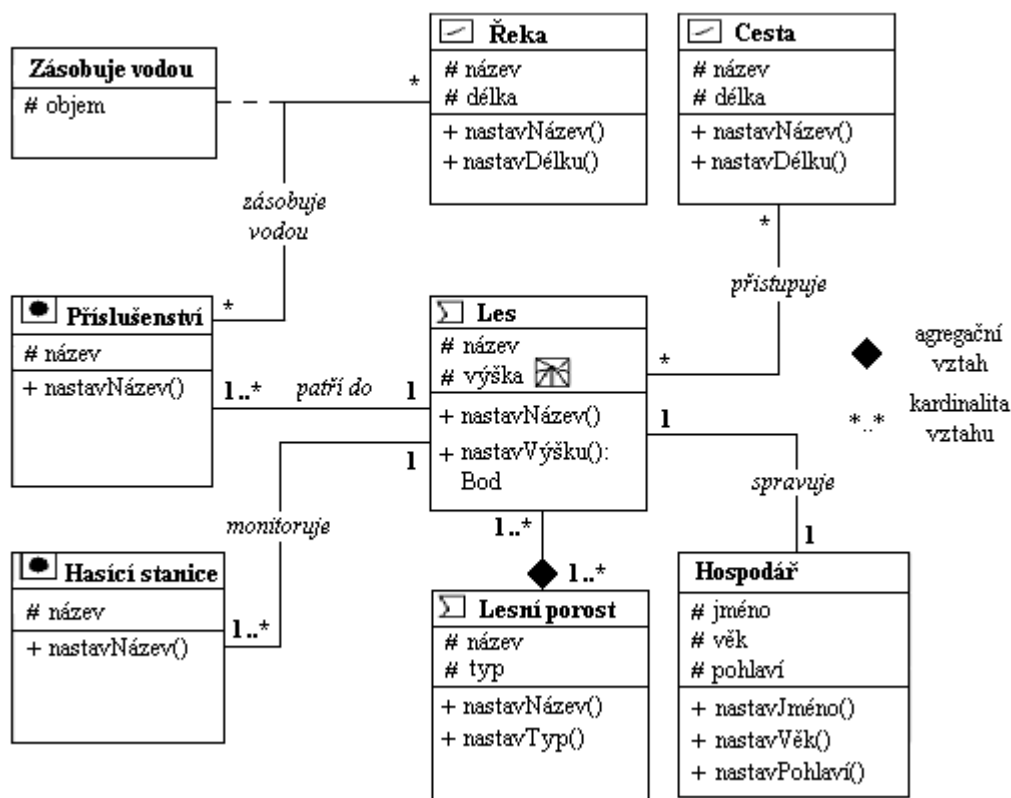
definována sada funkcí, operací a metod navržených pro GIS aplikace. Prostorové vztahy mezi entitními typy jsou modelovány implicitně a jsou automaticky transformovány do databázového schématu. Převod neprostorové složky dat z EE-R modelu do logického databázového modelu je uskutečněn stejně jako u E-R modelu.

2.2.3. UML

UML (Unified modeling language) je standardizovaný modelovací jazyk určený k navrhování a dokumentaci programových systémů. Využívá objektově orientovaný přístup k datům. Objektově orientovaný přístup posouvá konceptuální modelování mnohem blíže k fyzickému schématu uložení databáze. Odpadá tak postupný převod databázových schémat a zjednodušuje se tím tak proces modelování databáze.

Pomocí grafické notace jazyka UML je definována struktura systému a jeho chování. V případě návrhu databáze se využívá nástrojů diagramů tříd (*class diagram*), které modelují konceptuální schéma. Modelové schéma (obr. 13) je ekvivalentní se schématy vytvořenými pomocí ERD (obr. 9) a pomocí EE-R modelu s piktogramy (obr. 12).

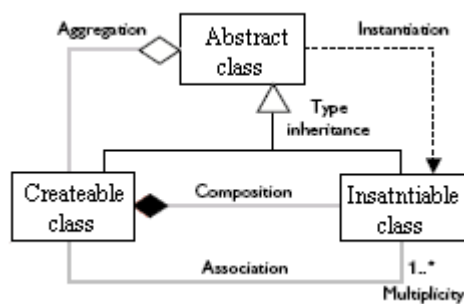
Obr. 13: Schéma vyjádřené v UML



2.2.3.1. Diagram tříd (class diagram)

Diagram tříd je jedním ze základních konstruktů jazyka UML. Struktura databáze je definována pomocí tříd, atributů a vazeb mezi třídami. V oblasti návrhu geografických databází se jazyk UML stal standardem, respektive jeho notace upravená firmou ESRI. Tato notace je vyjádřena objektovým modelem diagramů (object model diagram), který definuje třídy a vztahy mezi nimi (obr. 14).

Obr. 14: Objektový model diagramů



zdroj: Zeiler, 1999

Třída (Class) sdružuje objekty se společnými vlastnostmi a chováním. Objekty patřící do jedné třídy sdílejí stejné atributy, metody a vztahy. Grafické znázornění třídy je rozděleno do tří polí (obr. 13). Horní pole obsahuje název třídy, střední část zobrazuje atributy a spodní část definuje přípustné metody pro danou třídu. ESRI notace UML rozeznává tři typy tříd.

Abstraktní třída (Abstract class) tvoří šablonu pro vytváření specifické skupiny tříd. Abstraktní třída má implementované atributy a metody, které dědí od ní odvozené třídy (její podtřídy). Jednotlivé podtřídy mohou být doplněny o vlastní atributy a metody. Pomocí abstraktní třídy nelze vytvářet objekty.

Třída tvořících objektů (Createable class) reprezentuje třídu, kterou lze přímo vytvářet objekty ve vývojovém prostředí prostřednictvím použití objektové deklarace.

Konkretizační třída (Instantiable class) je třída, která nemůže přímo vytvářet objekty, avšak objekty těchto tříd mohou být vytvořeny prostřednictvím metod jiných tříd.

Atributy (Attributes) charakterizují vlastnosti objektů. Každý objekt má systémem generované OID, které zajišťuje jednoznačnost objektu.

Metody (Methods) představují funkční složku systému, která zajišťuje chování a stav objektů. Stav objektů je charakterizován hodnotami atributů. Ty mohou být modifikovány prostřednictvím metod, které zajišťují přístup k atributům. Mezi základní metody patří *konstruktor* a *destruktor*. Tyto metody zaručují vznik a zánik instancí tříd (objektů). Metoda typu *get* zajišťuje čtení hodnoty atributů, metoda typu *set* pak zajišťuje editaci hodnot atributů.

Dostupnost objektů (Visibility) reguluje přístupnost atributů a metod jednotlivým třídám. Standardně jsou definovány tyto možnosti:

+ *public*: atribut nebo metoda jsou přístupné z jakékoliv třídy

- *private*: atribut nebo metoda jsou přístupné jen pro danou třídu

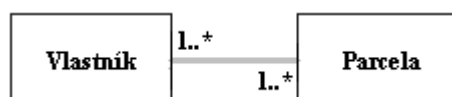
protected: atribut nebo metoda jsou přístupné v dané třídě a v jejích podtřídách

~ *package*: atribut nebo metoda jsou přístupné pouze v daném balíku (*package*)

Vztahy (Relationships) uvádí do vztahů instance objektů jednotlivých tříd. UML rozeznává několik typů vztahů (viz obr. 14):

Asociace (Association) reprezentuje relaci mezi třídami (obr. 15). V diagramech jsou znázorněné rovnou linií. Na obou koncích vazby se definuje kardinalita vztahu (tab. 1).

Obr. 15: Asociační vztah v ESRI notaci UML



zdroj: Zeiler, 1999

Obrázek 15 znázorňuje asociační vztah, kdy jeden vlastník může vlastnit jednu nebo více parcel a parcelu může vlastnit jeden nebo více vlastníků.

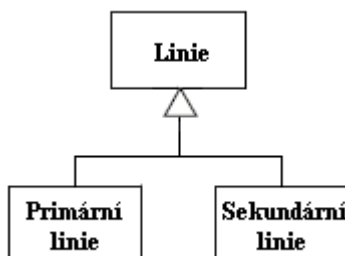
Tab. 1: Kardinalita vztahů v UML

1	Právě jeden
0..1	Žádný nebo jeden
M..N	Od M do N (celá kladná čísla)
*	Žádný nebo jeden a více
1..*	Jeden nebo více

Zdroj: Zeiler, 1999

Generalizace (Generalization) definuje hierarchický vztah tříd (obr. 16). Podřízené třídy sdílejí atributy a metody tříd nadřazených. K nim mohou navíc přidávat vlastní metody a atributy. Graficky je vztah znázorněn jako linie zakončená šipkou na straně nadřazené třídy. V programování je generalizace interpretována jako *dědičnost (inheritance)*.

Obr. 16: Generalizační vztah ESRI notací UML

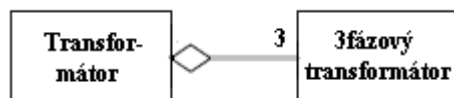


zdroj: Zeiler, 1999

Obrázek 16 znázorňuje abstraktní třídu linie, která má dvě podtřídy - primární a sekundární linii. Typickým příkladem znázornění vztahů dědičnosti vyjádřeném v notaci UML představuje geometrický model prostorových dat (obr. 6).

Agregace (Aggregation) je speciální typ asociační vazby, který specifikuje vztah celek-část (obr. 17). Aplikací této vazby vznikají komplexnější objekty, kde jedna třída (část) je součástí třídy druhé (celku).

Obr. 17: Agregací vztah v ESRI notaci UML



zdroj: Zeiler, 1999

Obrázek 17 zachycuje agregační vazbu. Instance třídy 3fázový transformátor se skládá ze tří instancí třídy transformátorů. Třída transformátor je spojena s třídou 3fázový transformátor, avšak není na ní existenčně závislá. V případě zrušení třídy 3fázový transformátor budou instance třídy transformátor nadále existovat.

Kompozice (Composition) je silnější typ agregačního vztahu. U kompozičního vztahu je část přímo závislá na svém celku a se smazáním celku část zaniká (obr 18).

Obr. 18: Kompoziční vztah v ESRI notaci UML



zdroj: Zeiler, 1999

Obrázek 18 modeluje vztah, kde instance třídy konzola jsou existenčně závislé na instancích třídy pylony. Jestliže je odstraněna instance třídy pylony, tak automaticky jsou vymazány participující instance třídy konzola. Třída pylony kontroluje životnost třídy konzola.

Konkretizace (Instantiation) je typ, který v klasické notaci UML není definován. Tento vztah umožňuje vytvořit instance jedné třídy prostřednictvím metod, které jsou definovány v participující třídě (obr. 19).

Obr. 19: Konkretizační vztah v ESRI notaci UML



zdroj: Zeiler, 1999

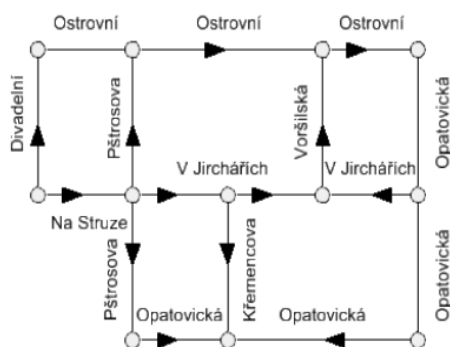
Obrázek 19 znázorňuje konkretizační vztah mezi třídami pylon a transformátor. Objekt třídy pylon vlastní metodu k vytvoření objektu třídy transformátor.

2.3. Síťové analýzy

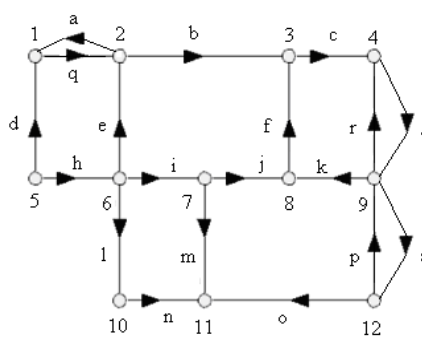
Síťové analýzy vykonávané prostřednictvím GIS nástrojů jsou založeny na teoretické bázi grafových algoritmů. Mezi typické úlohy grafových algoritmů v dopravní sféře patří vyhledávání nejlevnější cesty, zjištění dostupnosti vrcholů grafu, nalezení minimální kostry grafu a další. K vyřešení těchto úloh je nejprve nutné převést reprezentaci sítě do reprezentace grafu (maticové či spojové), na které se pak aplikují grafové algoritmy (obr. 20). Všemi těmito aspekty se zabývá teorie grafů.

Obr. 20: Reprezentace grafu

a) Grafické vyjádření sítě



b) Grafické vyjádření grafu



c) Matematické vyjádření pomocí matice sousednosti

0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0

zdroj: vlastní

2.3.1. Grafy

Graf je definován jako trojice $G = (V, E, \epsilon)$ tvořená konečnou množinou V , jejíž prvky se nazývají vrcholy, konečnou množinou E , jejíž prvky se nazývají hrany a zobrazením

$\varepsilon: E \rightarrow V^2$, které se nazývá vztah incidence. Vztah incidence určuje (vyklučuje) spojení vrcholů hranou (Demel, 1981).

Hrany mohou mít definovanou orientaci a mohou být ohodnocené. V závislosti na orientaci hran se rozlišují *grafy orientované a neorientované*. Orientované grafy mají určenou orientaci hran, která definuje přípustný směr pohybu. V případě *ohodnocení hran* jsou hrany popsány číselnými hodnotami, které vyjadřují různé charakteristiky grafu. Ohodnocení hran nejčastěji představuje:

délkovou jednotku hrany (v metrech, případně jiné délkové jednotce)

časovou jednotku hrany (v sekundách, případně jiné časové jednotce)

maximální tok hranou (například počet automobilů za hodinu)

Zvolení příslušné charakteristiky ohodnocení hran je závislé na požadované aplikaci.

2.3.1.1. Reprezentace grafu

Pro aplikaci grafových algoritmů je nutné graf transformovat z grafické do matematické podoby. V praxi se využívají dva přístupy - *maticové a spojové vyjádření grafu*.

Maticová reprezentace grafu

Maticová reprezentace popisuje graf třemi maticemi - *maticí sousednosti, maticí incidence a maticí dosažitelnosti*. Výpočetní formule jsou pro orientované i neorientované grafy analogické.

Matice incidence

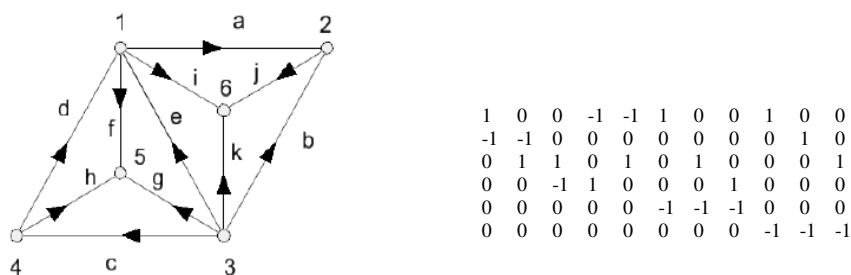
Matice incidence vyjadřuje vztah mezi vrcholy a hranami grafu (obr. 21). U orientovaných grafů je definována tímto vztahem (Kolář, 2004):

$a_{i,j} = 1 \dots$ pokud vrchol v_i je počátečním vrcholem hrany e_j

$-1 \dots$ pokud vrchol v_i je koncovým vrcholem hrany e_j

$0 \dots$ pokud vrchol v_i není incidentní s hranou e_j

Obr. 21: Matice incidence orientovaného grafu



zdroj: vlastní

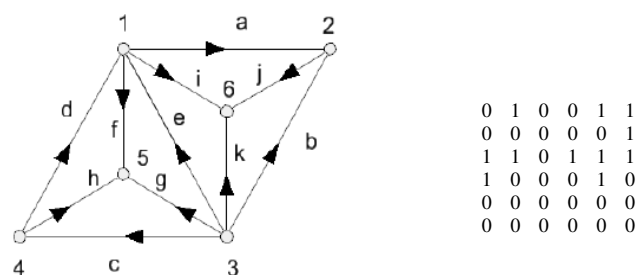
Obrázek 21 znázorňuje jednoduchý orientovaný graf a tomuto grafu příslušející matici incidence. Pro matici incidence platí, že každý sloupec matice obsahuje právě jednu +1 a jednu -1, tj. že každá hrana má jeden počáteční a koncový vrchol.

Matice sousednosti

Koeficienty matice sousednosti určují počet hran mezi dvojicí vrcholů (obr. 22). U orientovaných grafů je definována vztahem (Kolář, 2004):

- $a_{ij} = 1 \dots$ pokud existuje hrana, která z vrcholu v_i zprostředkovává spojení do vrcholu v_j
 $0 \dots$ pokud neexistuje hrana, která z vrcholu v_i zprostředkovává spojení do vrcholu v_j

Obr. 22: Matice sousednosti orientovaného grafu



zdroj: vlastní

Výsledná matice je čtvercová a její rozměr je definován počtem vrcholů. U neorientovaných grafů je matice sousednosti symetrická.

Matice dosažitelnosti

Matice dosažitelnosti určuje dostupnost jednotlivých vrcholů z vrcholů ostatních (obr. 23). Pokud koeficienty matice nabývají hodnot 1, tak existuje sled mezi vrcholy v_i a v_j . Jestliže koeficienty nabývají hodnot 0, vrchol v_i z vrcholu v_j není dostupný. Výpočet je definován rekurentním vztahem (Kolář, 2004):

$$R = \sum_{i=0}^d V^i \quad d = \min(E, V - 1)$$

R = matice dosažitelnosti

E = počet hran grafu

V^i = matice dosažitelnosti v i krocích

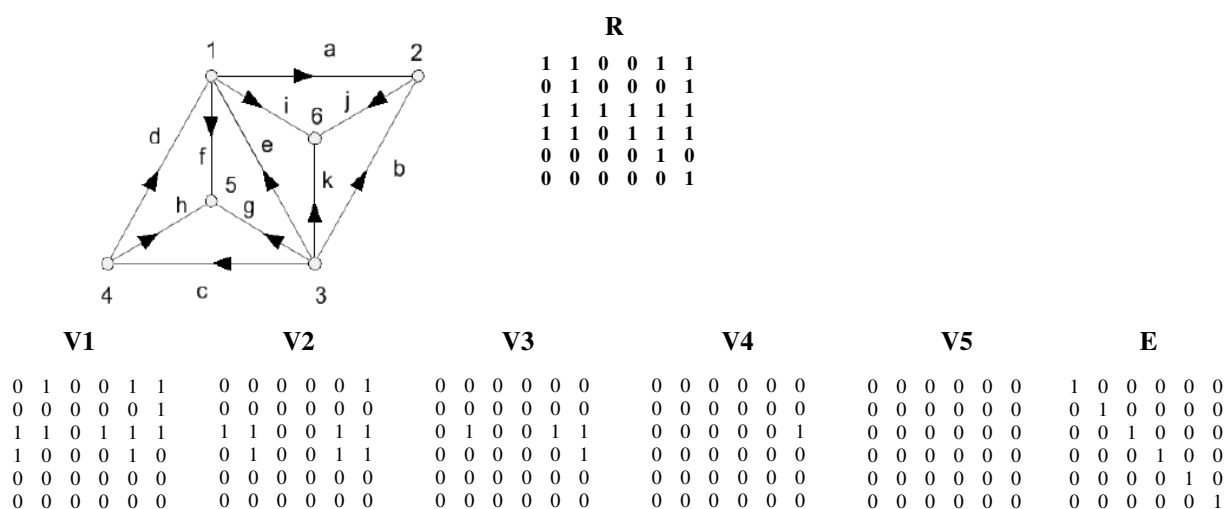
V = počet vrcholů grafu

d = maximální stupeň matice dosažitelnosti

zdroj: Kolář, 2004

Matice dosažitelnosti je vypočtena na základě booleovského kalkulu, který využívá funkce logického součtu a logického součinu matic (obr. 23.). Jednotlivé koeficienty matice V^i jsou rekurentně vypočteny logickým součinem. Matice V^{i+1} je odvozena z matice V^i . Logickým součtem těchto matic je vypočtena výsledná matice dosažitelnosti. Do celkového výpočtu se k maticím V^i ještě přičítá jednotková matice E , která garantuje dosažitelnost všech vrcholů v nula krocích, tedy vrcholů samotných. Jednotlivé matice V^i vyjadřují matici dosažitelnosti právě v i krocích. U neorientovaných grafů má výsledná matice dosažitelnosti vždy všechny koeficienty rovné jedné.

Obr. 23: Matice dosažitelnosti orientovaného grafu

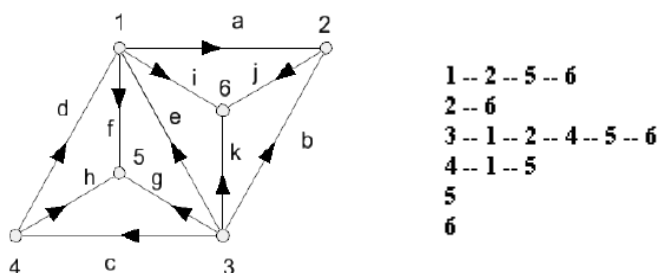


zdroj: vlastní

Spojová reprezentace grafu

Spojová reprezentace grafu vyjadřuje informaci o sousedních vrcholech grafu. Každý vrchol grafu je popsán seznamem sousedních vrcholů (obr. 24).

Obr. 24: Spojoiná reprezentace grafu



zdroj: vlastní

Hlavní výhodou spojového vyjádření grafu je efektivní uložení informace z hlediska paměťových nároků. S rozsáhlejšími grafy se však stává nepřehledné, proto se v praxi využívá jen pro jednoduché grafy.

2.3.3. Grafové algoritmy

Grafové algoritmy se aplikují nad maticovou, případně spojovou reprezentací grafu. V této části kapitoly jsou zmíněny grafové algoritmy, pomocí kterých GIS nástroje řeší základní úlohy z dopravní sféry.

2.3.3.1. Algoritmy pro prohledávání grafu

Mezi algoritmy sloužící k prohledávání grafu patří *algoritmus hledání do šířky* a *algoritmus hledání do hloubky*. Jejich aplikací se zjišťuje dostupnost všech vrcholů grafu ze zvoleného vrcholu grafu. V praxi tyto algoritmy zjišťují, zda existuje spojení mezi zvoleným bodem a body ostatními. Jestliže spojení existuje, algoritmus nalezne cesty, které spojují zvolený bod s body ostatními.

Algoritmus hledání do šířky

Algoritmus hledání do šířky hledá nejkratší cesty ze zvoleného vrcholu do vrcholů ostatních. Délka cesty je měřena počtem hran tvořících cestu, nikoliv jejich ohodnocením. Výsledkem je strom hledání do šířky. Algoritmus nemá jednoznačné řešení, výsledných stromů hledání do šířky může být několik.

Princip algoritmu je založen na systematickém prohledávání všech vrcholů grafu (Demel, 1988). Algoritmus zaznamenává dvě proměnné: *délka* a *cesta*. Délka znázorňuje hodnoty nejkratších cest z počátečního vrcholu do vrcholů ostatních. Proměnná *cesta* uchovává názvy hran v nejkratší cestě. Počáteční vrchol je inicializován na hodnotu 0, ostatní vrcholy na hodnoty -1 . Hodnoty všech vrcholů jsou postupně nahrazovány skutečnými délkami nejkratších cest a to nejprve pro sousedy počátečního vrcholu, pak pro sousedy těchto sousedů atd. Průběh algoritmus končí ve chvíli, kdy jsou prohledány všechny vrcholy grafu.

Algoritmus hledání do hloubky

Algoritmus hledání do hloubky nevyhledává nejkratší cesty, avšak umožňuje rozhodnout, zda nějaká cesta mezi dvěma vrcholy existuje. Jestliže taková cesta existuje, pak ji také najde (Demel, 1988). Výsledkem je strom hledání do hloubky. Stromů grafu hledání do hloubky může existovat více, tj. algoritmus není jednoznačný.

Algoritmus postupně prohledává všechny vrcholy grafu. Nejprve se zvolí počáteční vrchol, z kterého algoritmus hledá cestu do vrcholu sousedního. Z tohoto sousedního vrcholu dále prohledává další incidentní vrcholy. Jestliže existuje dosud nenavštívený sousední vrchol, algoritmus postupuje do tohoto vrcholu. Pokud takový vrchol neexistuje, algoritmus se vrací do předchozího uzlu po příslušné hraně, z které byl tento vrchol dosažen. Výsledné hodnoty se zaznamenávají do proměnné, která tvoří pole posloupnosti postupně navštívených vrcholů a jim příslušejícím hran, které tyto vrcholy spojují.

2.3.3.2. Algoritmy nejlevnějších cest grafem

Mezi nejzákladnější úlohy grafových algoritmů patří nalezení nejlevnější cesty. Cena nejlevnější cesty je dána součtem cen jednotlivých hran na této cestě. Ohodnocení hran grafu může představovat délku hrany nebo například časovou jednotku potřebnou k projetí hrany.

Zmíněné algoritmy jsou aplikovatelné na grafy s kladným ohodnocením. Algoritmy nejlevnějších cest jsou založené na technice, která využívá metodu opakované relaxace hran.

Dijkstrův algoritmus

Dijkstrův algoritmus vychází z algoritmu hledání do šířky a slouží k nalezení nejlevnější cesty mezi dvěma vrcholy. Princip algoritmu je založen na opakovaném hledání a zpřesňování hodnot lokálních minim všech vrcholů, z kterých je vypočteno minimum globální.

V prvním kroku algoritmu se provede inicializace všech vrcholů. Startovní vrchol se inicializuje na hodnotou nula, zbylé vrcholy na hodnotu nekonečno. Ze startovního vrcholu algoritmus přechází na incidentní vrcholy, pro které zaznamenává ohodnocení. To je rovné součtu ohodnocení hran vedoucích k danému vrcholu. Takto se pro daný vrchol nalezne cesta s nejnižším ohodnocením, jejíž hodnota se uchovává. Vrchol se vyřadí z fronty a algoritmus postupně přechází na další incidentní vrcholy, pro který znovu počítá ohodnocení. Takto jsou postupně prozkoumány všechny vrcholy grafu. Nejkratší cestu algoritmus ukládá do paměti.

Opakovanou aplikací Dijkstrova algoritmu lze docílit nalezení nejlevnějších cest mezi všemi dvojicemi vrcholů.

Algoritmus opakovaného zpřesňování w-délek

Algoritmus opakovaného zpřesňování w-délek hledá nejlevnější spojení mezi všemi dvojicemi vrcholů grafu. Nejprve algoritmus stanoví matici w-délek. Tato matice vychází z matice sousednosti a její koeficienty jsou definovány vztahem (Kolář, 2004):

$$\begin{aligned}w_{i,j} &= 0 && \dots \text{pokud } i=j \\w_{i,j} &= w(v_i, v_j) && \dots \text{pokud } i \neq j \text{ a existuje hrana } (u_i, u_j) \\w_{i,j} &= \infty && \dots \text{pokud } i \neq j \text{ a neexistuje hrana } (u_i, u_j)\end{aligned}$$

w = koeficient matice w-délek i-tého řádku a j-tého sloupce

$w(v_i, v_j)$ = hodnota ohodnocení hrany mezi vrcholem v_i a v_j

zdroj: Kolář, 2004

Z matice w-délek algoritmus postupně vypočítává matice vzdáleností. Koeficienty matic vzdáleností $D^1, D^2, \dots, D^{(n-1)}$ představují nejlevnější cestu mezi n vrcholy. Jejich hodnoty jsou počítány podle vztahů (Kolář, 2004):

a) Vztah vyjadřující výpočet matic vzdáleností

$$D^1 = W, D^2 = D^1 \cdot W, \dots, D^{(n-1)} = D^{(n-2)} \cdot W$$

D^1 = matice vzdáleností vedena skrz 1 hranu

W = matice w-délek

$D^{(n-1)}$ = výsledná matice vzdálenosti

n = počet vrcholů grafu

b) Vztah pro výpočet koeficientů matic vzdáleností

$$d_{i,j}^{(m)} = \min(d_{i,k}^{(m-1)} + w_{k,j}) \quad m = n-1$$

$d_{i,j}^{(m)}$ = hodnota koeficientu dané matice vzdálenosti

$w_{k,j}$ = hodnota koeficientu matice w-délek

$d_{i,k}^{(m-1)}$ = hodnota koeficientu předchozí matice vzdálenosti

m = počet hran; n = počet vrcholů grafu

zdroj: Kolář, 2004

Algoritmus postupně hledá nejlevnější cesty mezi všemi dvojicemi vrcholů. Jestliže mezi dvojicí vrcholů algoritmus nalezně levnější cestu než v předchozí matici vzdálenosti, tak zaznamená její nové ohodnocení. Tímto způsobem algoritmus pokračuje, dokud nevypočítá výslednou matici vzdáleností $D^{(n-1)}$. Postupně se tedy zpřesňují hodnoty nejlevnějších cest mezi všemi dvojicemi vrcholů vedoucích přes jeden až $n-1$ vrcholů.

Floyd-Warshallův algoritmus

Floyd-Warshallův algoritmus pracuje na principu postupného zpřesňování w-délek, které probíhá rozšiřováním množiny přípustných vnitřních vrcholů nejlevnějších cest. Vnitřním vrcholem cesty je každý její vrchol s výjimkou počátečního a koncového vrcholu. Prvním krokem algoritmu je určení matice w-délek, z které algoritmus následně počítá matice vzdáleností D^i . Koeficienty matic D^i jsou definovány vztahem (Kolář, 2004):

$$d_{i,j}^{(k)} = w_{i,j}, \quad \text{jestliže } k = 0$$

$$d_{i,j}^{(k)} = \min(d_{i,j}^{(k-1)}, d_{i,k}^{(k-1)} + d_{k,j}^{(k-1)}), \quad \text{jestliže } k \geq 1$$

$w_{k,j}$ = hodnota koeficientu matice w-délek

$d_{i,j}^{(k)}$ = hodnota koeficientu dané matice vzdálenosti

$d_{i,j}^{(k-1)}$ = hodnota koeficientu předchozí matice vzdálenosti vedoucí přes vrcholy v_i a v_j

$d_{i,k}^{(k-1)}$ = hodnota koeficientu předchozí matice vzdálenosti vedoucí přes vrcholy v_i a v_k

$d_{k,j}^{(k-1)}$ = hodnota koeficientu předchozí matice vzdálenosti vedoucí přes vrcholy v_k a v_j

k = počet vnitřních vrcholů

zdroj: Kolář, 2004

Jestliže nejlevnější cesta z vrcholu v_i do vrcholu v_j neprochází vrcholem v_k , tak hodnota koeficientu nejlevnější cesty $d_{i,j}^{(k)}$ se nemění a platí $d_{i,j}^{(k)} = d_{i,j}^{(k-1)}$. V případě že nejlevnější cesta z vrcholu v_i do vrcholu v_j prochází vrcholem v_k , je možné cestu rozdělit na dvě dílčí části vedoucí z v_i do v_k a z v_k do v_j a platí $d_{i,k}^{(k-1)} + d_{k,j}^{(k-1)}$.

Algoritmus pracuje na bázi porovnávání délek nalezených cest procházejících postupně skrz jedním až všemi vrcholy. Jestliže je nalezená cesta levnější než cesta v kroku předchozím, zaznamená se její nové ohodnocení a vnitřní vrcholy přes které cesta vede.

3. Metodika

Kapitola metodika je rozdělena do tří kapitol. První popisuje metodiku návrhu databázového modelu, druhá definuje metodiku vystavění síťové datové sady nad geografickou databází a poslední část popisuje použitou metodiku pro vymezení obslužných rajónů jednotlivým přepravním vozidlům.

3.1. Metodika návrhu databázového modelu

Proces návrhu databáze prochází fázemi, které postupně modelují geografickou databázi v několika úrovních. Vzniká tak konceptuální, logické a fyzické schéma databáze. Navrhnutá metodika respektuje teoretické zásady geografického modelování.

3.1.1. Etapy vedoucí k návrhu geografické databáze

- 1) *Definování základních požadavků na geografickou databázi.* Stanovil jsem funkce, které budou GIS nástroje vykonávat nad daty uloženými v geodatabázi.
- 2) *Specifikování tématických vrstev a tříd.* Určil jsem tématické vrstvy, kterými bude geografická databáze naplněna. Pro každou třídu jsem stanovil potenciální zdroj dat a jejich prostorovou reprezentaci.
- 3) *Definování datových sad.* Třídy, které mezi sebou vykazují logické vztahy jsem sloučil do datových sad.
- 4) *Vytvoření logické struktury databáze.* Na základě analýzy dat prováděné v krocích 1-3 jsem vytvořil logickou strukturu databáze. Modeloval jsem datové sady, třídy, jejich atributy a datové typy. Provázanost tříd jsem definoval v závislosti na použitých typech vztahů.
- 5) *Implementace logického schématu databáze do fyzického schématu.* Vygeneroval jsem schéma geodatabáze, které jsem naplnil daty. Vznikl tak pracovní model, který jsem dále testoval.

6) *Úprava databázového schématu na základě testování geodatabáze.* Konzistenci databáze jsem testoval na základě editace a manipulace s daty. V závislosti na výsledcích testování jsem do logického schématu databáze některým třídám doplnil žádoucí atributy.

7) *Tvorba metadat a dokumentace finálního databázového schématu.* Pro výsledný databázový model jsem vytvořil metadata. Dokumentaci finálního databázového schématu jsem zaznamenal ve formě posteru.

3.2. Metodika vystavění síťové datové sady nad geografickou databází

Metodika vymezení síťové datové sady je rozdělena do dvou kroků:

1) *Transformace sítě do formy planárního grafu.* Transformace zajišťuje možnost vykonávat síťové analýzy v prostředí GIS. Vytvořil jsem topologicky čistou síť, která spojuje hrany prostřednictvím uzlů.

2) *Definice pravidel nad síťovou datovou sadou.* Nad síťovou datovou sadou jsem stanovil pravidla, která definují časovou průjezdnost segmentů sítě. Na uzly grafu jsem aplikoval pravidla simulující podmínky pohybu přepravních prostředků. Hranám grafu jsem stanovil ceny jejich průchodů. Tato pravidla jsou realizována nad hodnotami atributů třídy 'Ulicni_Segmenty'. Všechny tyto atributy jsem modeloval v logickém schématu databáze.

3.3. Metodika vymezení obslužných rajónů a rozdělování tras

Nad vytvořenou síťovou datovou sadou jsem v GIS realizoval logistické analýzy realizující vymezení tras přepravním vozidlům zajišťujícím rozvoz zboží v závislosti na časovém doručení zásilek, přepravní kapacitě vozidel a celkové najeté vzdálenosti. Vymezení obslužných rajónů jsem zpracoval dvěma způsoby.

1) *Vymezení obslužných rajónů v závislosti na maximálním vytížení přepravních vozidel.* Trasy rozvozu jsou rozděleny na základě požadavku maximálního využití přepravní kapacity přepravních vozidel. Takto vymezené obslužné okruhy nejsou stálé a jednotlivé trasy jsou závislé na počtu zásilek a jejich místech doručení.

2) Vymezení pevných obslužných rajónů. Toto rozdělení je založené na pevném vymezení obslužných rajónů.

Všem takto vytvořeným obslužným rajónům jsem vymezoval časově optimální trasy.

4. Aplikační část

4.1. Postup zpracování vedoucí k návrhu geografické databáze

Proces modelování geografické databáze byl zpracován dle teoretických základů navržené metodiky (kap. 4.1.1).

4.1.1. Požadavky na data, specifikace dat a zdroje dat

Základním požadavkem bylo navrhnout databázi prostorových dat, nad kterou GIS nástroje budou aplikovat analýzy vedoucí k řešení logistické úlohy vymezení obslužných rajónů přepravním vozidlům. V závislosti na tomto požadavku jsem určil základní specifikaci dat vedoucí k návrhu databázového modelu (tab. 2.). Potřebná podkladová data jsem získal od firem CEDA a Toptrans. Firma CEDA mi poskytla výřez vektorových dat zahrnující území městských částí Prahy 4, Prahy 11 a Prahy 12 ve formě shapefilů z datových kolekcí ČR Města a StreetNet ČR v měřítku 1:10 000. Zdrojem dat technické podpory se staly soupisky rozvožů zásilek pro stejné městské části, které jsem získal od firmy Toptrans.

Tab. 2: Základní specifikace dat potřebných pro návrh databázového modelu

Třída	Název třídy	Využití	Zdroj dat	Prostorová reprezentace	Měřítko
Segmenty silniční sítě	Ulicni_Segment	modelování silniční sítě	CEDA (StreetNet_ČR)	linie	1:10 000
Správní členění	Mestske_Casti	rozdělení okruhů	CEDA (ČR_Města)	polygon	1:10 000
Adresní lokalizátor	Adresni_Body	geokódování adres	CEDA (ČR_Města)	bod	1:10 000
Dopravní značení	Dopravni_Znacení	stanovení pravidel silničního provozu	CEDA (ČR_Města)	bod	1:10 000
Dopravní infrastruktura	Dopravni_Infrastruktura	Stanovení parametrů silniční sítě	CEDA (ČR_Města)	linie	1:10 000
Soupiska zásilek	Zasilka	Technická data potřebná pro vymezení rozvožů a svozů	Toptrans	tabulka objektů	
Soupiska zákazníků	Zakaznik		Toptrans	tabulka objektů	
Seznam řidičů	Ridic		Toptrans	tabulka objektů	
Seznam přepravních prostředků	Automobil		Toptrans	tabulka objektů	

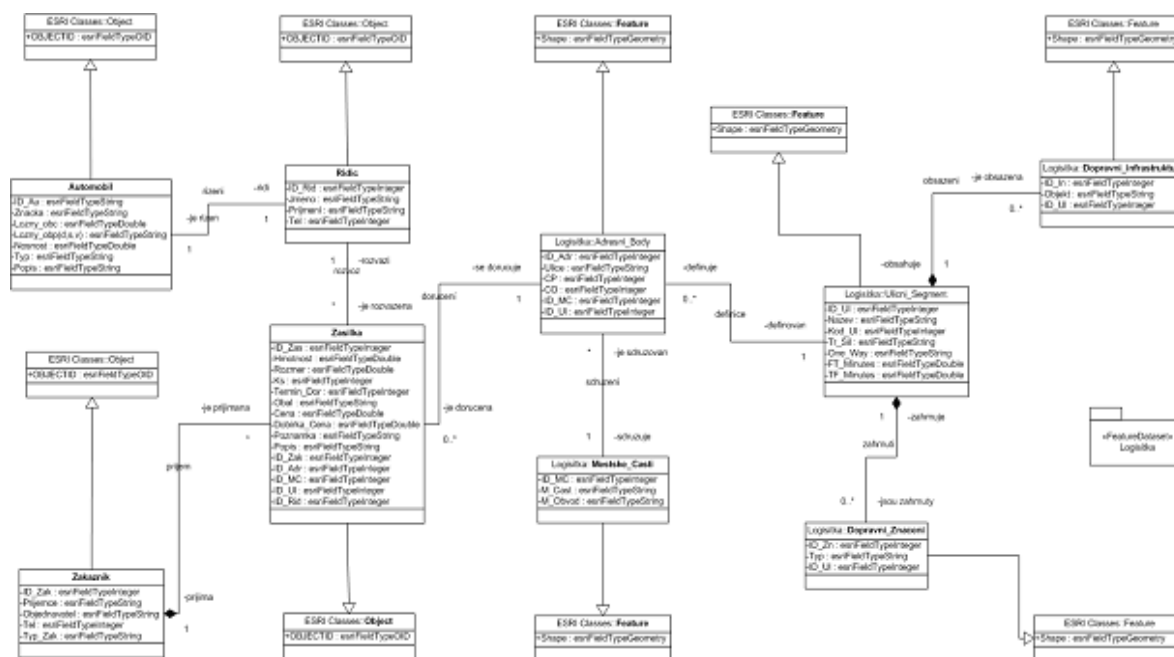
zdroj: vlastní

4.1.2. Logický návrh databázového schématu

Logický návrh databázového schématu jsem modeloval v jazyce UML v softwaru MS Visio. Modelování v ESRI notaci UML v softwarovém prostředí MS Visia vyžaduje instalaci souboru XMIEExport.dll, realizující export logického schématu databáze do formátu XMI, z kterého je v dalších fázích návrhu generována fyzická struktura databáze.

Vlastní návrh schématu databáze obsahuje třídy a tabulky objektů definované ve fázi konceptuálního modelování (tab. 2). V závislosti na typech vztahů mezi instancemi participujících tříd jsou jednotlivé třídy a objektové tabulky mezi sebou logicky propojeny pomocí různých typů vazeb. Třídám jsem definoval prostorovou reprezentaci, atributy a jejich datové typy. Třídy vykazující podobné logické vlastnosti jsem sloučil do datové sady. Výsledné logické databázové schéma je zobrazeno na obr. 25 (logické schéma ve vyšším rozlišení je obsaženo na příloženém CD).

Obr. 25: Výsledné logické schéma databáze



zdroj: vlastní

4.1.3. Export logického databázového schématu do fyzické struktury databáze

Vytvořené schéma databáze jsem exportoval do formátu XMI, který představuje standard pro výměnu metadat prostřednictvím jazyka XML. Logickou správnost navrženého metamodelu jsem zkontroloval prostřednictvím nástroje *Semantics Checker*. Po kontrole logické správnosti schématu jsem navržený metamodel transformoval do fyzické struktury personální geodatabáze. Generování XML souboru do struktury personální geodatabáze jsem provedl v prostředí ArcCatalogu pomocí nástroje *Case Schema Creation*. Výslednému schématu jsem nastavil souřadný systém JTSK. Generovaný textový soubor obsahující charakteristiky logického schématu databáze je přiložen na CD.

4.1.4. Naplnění personální geodatabáze daty a její testování

Do vytvořeného schématu personální geodatabáze jsem importoval data. Prostorová data jsem do geodatabáze importoval pomocí nástroje *Object Loader* v ArcMapu. Jako podkladová data mi posloužily datové kolekce shapefilů od firmy CEDA. Neprostorová data jsem zpracovával manuálně v prostředí MS Accessu na základě textových podkladů, které mi poskytla firma Toptrans. Po importu dat do geodatabáze jsem testoval provázanost dat a jejich topologickou přesnost.

Topologickou přesnost dat jsem testoval v ArcMapu na základě vybraných topologických pravidel. U liniové vrstvy jsem prováděl kontrolu spojitosti liniových segmentů sítě z důvodu zjištění konektivity liniových prvků a kontrolu překryvu liniových segmentů z důvodu odhalení duplicitních liniových prvků. U polygonové vrstvy jsem kontroloval výskyt štěpin.

V softwarovém prostředí MS Accessu jsem testoval vzájemnou logickou provázanost dat na základě SQL dotazů, především pak dotazů realizujících sjednocování tabulek. Tyto testy ověřily logickou správnost provázání relací, které jsem navrhl v logickém schématu databáze.

4.1.5. Tvorba metadat

Výslednému databázovému modelu jsem vytvořil kolekci metadat. Metadata jsem vyhotovil pomocí nástrojů ArcCatalogu podle standardů organizace ISO. Zpracovaná metadata jsem exportoval do textového souboru, který je obsažen na přiloženém CD.

4.2. Postup zpracování vedoucí k návrhu síťové datové sady nad vytvořenou geodatabází

Síťová datová sada (*Network dataset*) definuje spojitý model bodů a linií, které jsou mezi sebou vzájemně propojeny. Jejím vytvořením vzniká topologický model, nad kterým jsou vykonávány různé typy síťových analýz. Při vytváření síťové datové sady se navrhuje parametry, které stanovují pravidla chování sítě. Definovaná pravidla se ukládají v podobě povolených hodnot do definovaných atributů jednotlivých tříd. Všechny tyto atributy jsem modeloval již při logickém návrhu schématu databáze.

4.2.1 Vytvoření síťové datové sady

V prostředí personální geodatabáze se síťová datová sada konstruuje nad datovou sadou prvků (*feature dataset*). Datová sada prvků seskupuje potenciální třídy, z kterých může být síťová datová sada sestavena. Ke konstrukci síťové datové sady jsem využil nástrojů ArcCatalogu.

4.2.2. Definování pravidel nad síťovou datovou sadou

V závislosti na typech a množství definovaných pravidel nad síťovou datovou sadou se odvíjí výsledná kvalita aplikovaných analýz. Stanovují se pravidla jak pro uzly, tak pro hrany sítě.

Ohodnocení hran sítě

Všem segmentům z třídy ‘Ulicni_segmenty’ byly přiděleny číselné hodnoty, které stanovily jejich ceny. V závislosti na požadovaných GIS analýzách jsem sledoval tato ohodnocení:

a) Délka hrany: Atributy délek segmentů uliční sítě jsem generoval do atributu ‘Meters’. Tento atribut třídy ‘Ulicni_segmenty’ zaznamenával délku jednotlivých uličních segmentů.

b) Časová průchodnost hrany: Časová průchodnost hranou vyjadřuje dobu trvání potřebnou k jejímu průjezdu. Hodnoty atributu jsou závislé na mnoha faktorech vyplývajících z pravidel silničního provozu. *Základní hodnoty časové průchodnosti hran* jsem odvodil na základě maximální povolené rychlosti na daném úseku komunikace. K těmto hodnotám jsem připočítával *koeficienty zdržení*. Součet hodnot základní časové průjezdnosti a definovaných koeficientů zdržení představoval výslednou hodnotu atributu časové průchodnosti hrany. Atributy časové průchodnosti hranou jsem modeloval prostřednictvím atributů ‘FT_Minutes’ a ‘TF_Minutes’, do kterých jsem zaznamenával hodnoty potřebné k průchodu segmentu hrany v závislosti na požadovaném směru průjezdu.

Základní hodnoty časové průchodnosti hran: V logickém schématu databáze jsem v třídě segmentů ulic modeloval atribut rozlišující třídy silnic v závislosti na stanoveném maximálním rychlostním omezení silničního segmentu (tab. 3a). Na základě délek uličních segmentů a na nich stanovených maximálně povolených rychlostí jsem vypočítal základní čas potřebný k průjezdu silničního úseku.

Koeficienty zdržení: Všechny modelované koeficienty zdržení nabývají hodnot globálního charakteru. Jejich hodnoty jsem určil na základě empirických poznatků vycházejících z výsledků testování v reálném provozu (tab. 3b).

Tab. 3: Generalizované hodnoty maximálně povolených rychlostí v závislosti na typu silnic a modelované koeficienty zdržení

a) Tabulka generalizovaných maximálně povolených rychlostí

b) Tabulka koeficientů zdržení

Typ silničního úseku	Max rychlost [km/h]
dálnice	80
rychlostní komunikace	80
silnice I. třídy	50
silnice II. třídy	50
ostatní	50

Objekt na silničním úseku	Koeficient zdržení [min]
zatáčka do 45°	0,05
zatáčka 45° - 90°	0,1
zatáčka nad 90°	0,5
semafor	0,75
kruhový objezd	$t+0,2*t$
nájezd/sjezd	$t+0,2*t$

t = základní čas potřebný k projetí daného segmentu komunikace

zdroj: vlastní

Hodnoty koeficientů zdržení při průjezdu zatáčkou byly stanoveny implementací skriptu v závislosti na intervalech určujících úhel zatáčky (obr. 26).

Obr. 26: Skript stanovující koeficient zdržení při průjezdem zatáčkou

```

turnMinutes = 0
a = Turn.Angle
If a >= 315 AND a < 360 OR a >= 0 AND a <= 45 Then
    turnMinutes = 0.05
ElseIf a > 45 AND a <= 90 OR a >= 270 AND a < 315 Then
    turnMinutes = 0.1
Else
    turnMinutes = 0.5
End If

```

Zdroj: vlastní

Definování jednosměrných komunikací

Začlenění jednosměrných komunikací do databázového schématu jsem zajistil definováním atributu 'One_way' při modelování logického databázového schématu (tab. 4). V softwarech firmy ESRI při stanovování pravidel nad síťovou datovou sadou je takto pojmenovaný atribut automaticky rozpoznán a prostřednictvím předdefinovaného skriptu definuje zákaz průchodnosti hranou (obr. 27).

Obr. 27: Skript stanovující průjezdnost silničních segmentů

a) Zákaz průjezdu ve směru digitalizace:

```
restricted = False
Select Case Ucase ([One_way])
Case "N", "TF": restricted = true
End Select
```

b) Zákaz průjezdu ve směru digitalizace:

```
restricted = False
Select Case Ucase ([One_way])
Case "N", "FT": restricted = true
End Select
```

Hodnoty atributu nabývají těchto hodnot:

“FT“ definuje jednosměrný úsek silničního segmentu, který je průchozí ve směru digitalizace

“TF“ definuje jednosměrný úsek silničního segmentu, který je průchozí proti směru digitalizace

“N“ definuje úsek silničního segmentu, který není průchozí v žádném směru

“ “ jakákoliv jiná hodnota definuje průjezdný úsek silničního segmentu

zdroj: esri.com

Tab. 4: Implementace jednosměrných ulic prostřednictvím atributu ‘Oneway‘

OBJECTID	ID_UI	Nazev	Kod_UI	Tr_Sil	One_Way	Shape_Length	FT_Minutes	TF_Minutes
3769	300289	Modřanská	445185	4	FT	492,658	1,341	1,341
3770	300291	U Přehrady	468061	4	N	47,093	0,057	0,057
3771	714345	Nad Úpadem	498718	4	FT	66,030	0,079	0,079
3772	300292	Nad Úpadem	498718	4		36,014	0,043	0,043
3773	870387	Pod Chodovem	508527	4	FT	117,957	0,892	0,892
3774	300297	K Remízku	451011	4		11,096	0,013	0,013
3775	300298	K Remízku	451011	4		53,744	0,064	0,064
3776	714346	Nad Úpadem	498718	4	FT	60,033	0,072	0,072

zdroj: vlastní

Implementace mimoúrovňových křížení hran v rámci sítě byla zajištěna aplikací pravidla, které zaručilo spojení hran pouze v jejich koncových bodech. Při definování síťové datové sady se pak v místech mimoúrovňového křížení hran nevytvoří uzly definující jejich průsečíky. V praxi mimoúrovňová spojení představují struktury typů mostů, tunelů, podjezdů a nadjezdů. Způsobů definování mimoúrovňových spojení hran je více a jsou objasněny v kapitole Diskuze o metodice (kap. 6.2.).

4.3. Vymezování obslužných rajónů

V následujících kapitolách je často používáno spojení obslužný rajón. Termín obslužný rajón značí vymezené území, v kterém je zprostředkováván rozvoz zásilek jedním přepravním vozidlem.

Vymezování obslužných rajónů jsem realizoval dvěma způsoby. První způsob vymezení je založen na požadavku maximálního naplnění kapacit jednotlivých vozidel. Druhý způsob vycházel z předem určeného vymezení obslužných rajónů, kde v každém obslužném rajónu zprostředkovává rozvoz zboží jeden přepravní automobil.

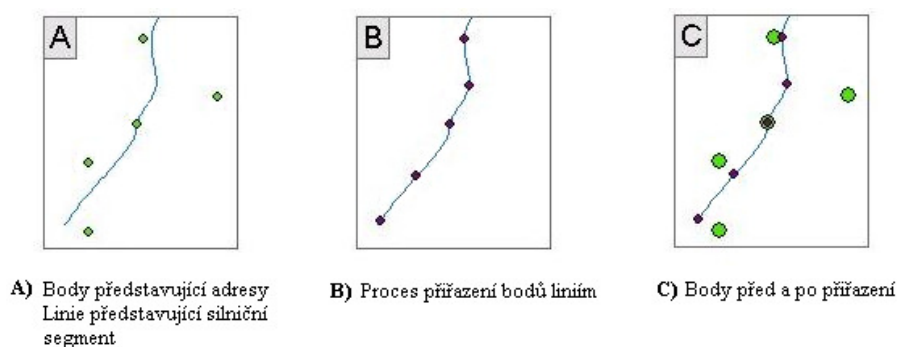
Mezi základní faktory vstupující do vymezení obslužných rajónů jsem započítával faktory doručení zásilek v požadovaném čase a limitní kapacitní parametry nákladových prostorů jednotlivých vozidel, které nesměly být překročeny. Všechny analýzy byly provedeny v prostředí extenze Network Analyst v softwaru ArcInfo.

Vymezení obslužných rajónů vycházelo z dat obsažených v příloze (Příloha 1).

4.3.1. Přiřazení adresných bodů liniím silničního segmentu

Prvky bodové třídy adresní body znázorňují všechny adresy ve zpracovávaném území. Před importem dat do personální geodatabáze jsem editoval jejich hodnoty na základě pravidla přiřazení každého adresného bodu k nejbližšímu bodu nacházejícímu se na linii z třídy 'Ulicni_Segment' (obr. 28).

Obr. 28: Proces přiřazení bodů na linii



zdroj: www.spatial ecology.com

Editací dat jsem docílil přiřazení všech adresných bodů uličním segmentům. Z adresných bodů jsem pak vybíral adresy, které představovaly místa doručení zásilek. Přiřazení adresných bodů liniím uličních segmentů jsem provedl v ArcMapu pomocí nástroje *Snap points to lines* z extenze Hawth's Tools 3.

4.3.2. Vytvoření bodové třídy představující místa doručení zásilek

Z upravené třídy 'Adresni_body' jsem vybíral adresy představující místa doručení zásilek, které byly zaznamenány v třídě 'Zasilka'. Cílem bylo vytvořit novou bodovou třídu 'M_doruceni' obsahující vybrané atributy třídy 'Adresni_body' a vybrané atributy třídy 'Zasilka' (obr. 29 a).

V logickém databázovém schématu jsem tyto třídy propojil pomocí klíčového atributu *ID_Adr*. V třídě 'Adresni_body' tento atribut představoval primární klíč, v třídě 'Zasilka' cizí klíč. Na základě tohoto propojení bylo možné realizovat vnitřní spojení tabulek, které všem záznamům třídy 'Zasilka' přiřadilo hodnoty vybraných atributů třídy 'Adresni_body' (obr. 29 b). Výsledná třída včetně předdefinovaných atributů *Object_ID* a *Shape* obsahovala atributy název ulice, číslo popisné, hmotnost zásilky a rozměr zásilky (obr. 29 c).

Obr. 29: Schéma vytvoření bodové třídy míst doručení zásilek

a) Atributy tříd ‘Adresni_Body’ a ‘Zasilka’

Adresni_Body (Object_ID, Shape, **ID_Adr**, *Ulice*, *CP*, *CO*, ID_MC, ID_Ul)

Zasilka (ID_Zas, *Hmotnost*, *Rozmer*, Ks, Termin_Dor, Obal, Cena, Dobirka_Cena, Poznamka, Popis, ID_Zak, **ID_Adr**, ID_Ul, ID_MC, ID_Rid)

b) SQL dotaz

```
SELECT Adresni_Body.Ulice, Adresni_Body.CP, sum(Zasilka.Hmotnost) as Hmotnost,  
sum(Zasilka.Rozmer) as Rozmer  
FROM Adresni_Body INNER JOIN Zasilka  
ON Adresni_Body.ID_Adr=Zasilka.ID_Adr  
Group by Adresni_Body.Ulice, Adresni_Body.CP;
```

c) Generované atributy nově vzniklé třídy míst doručení zásilek ‘M_doruceni’

Ulice	CP	CO	Hmotnost	Rozmer
Antala Staška	1020	53	8,99	0,2
Baarova	395	1	52	0,6
Barrandova	409	1	26,3	0,87
Bartošková	1411	22	12,85	0,52
Bělčická	2922	24	0,15	0,12
...

zdroj: vlastní

4.3.3. Vymezení obslužných rajónů v závislosti na maximálním vytížení přepravních vozidel

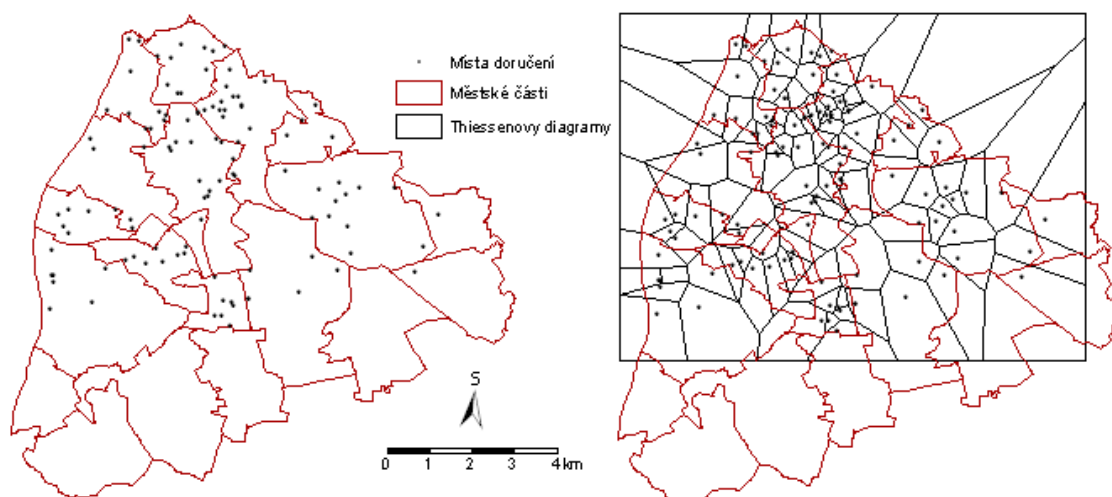
Tento způsob vymezení obslužných rajónů vychází z požadavku maximálního vytížení jednotlivých přepravních vozidel. V třídě objektů ‘Automobil’ jsou zaznamenána přepravní vozidla a jejich kapacitní parametry (ložný objem a přepravní nosnost automobilu). Parametry zásilek (hmotnost a rozměr) byly přidány do bodové vrstvy ‘M_doruceni’ znázorňující adresy doručení zásilek (obr. 29 c). V závislosti na kapacitních parametrech přepravních vozidel,

sousednosti bodů třídy 'M_doruceni' a doručení zásilek v požadovaném čase jsem přepravním vozidlům vymezil obslužné rajóny. V takto vymezených obslužných rajónech jsem jednotlivým automobilům hledal optimální cesty.

Vymezení sousednosti bodů

Vymezení sousednosti bodů jsem vyjádřil pomocí teselace. Nad bodovou třídou 'M_doruceni' jsem vytvořil polygonovou vrstvu Voronoi diagramů, pomocí které jsem definoval sousednost bodů. Vzájemně sousedící body mezi sebou sdílejí společnou hranu buněk Voronoi diagramu (mapa 1). Vytvořená polygonová vrstva Voronoi diagramu přejímala atributy definující hmotnost a rozměr zásilek zaznamenané ve třídě 'M_doruceni'.

Mapa 1: Proces určování sousednosti bodů



zdroj: vlastní

Vymezení obslužných okruhů

Vymezení okruhů jednotlivým přepravním prostředkům jsem stanovil na základě sloučení sousedních buněk Voronoi diagramu, jejichž výsledné sumy hmotnosti a rozměru zásilek byly menší než kapacitní parametry zvoleného přepravního vozidla. Z důvodů včasného doručení zásilek jsem stanovil další limitující faktor určující maximální počet přepravovaných zásilek vozidlům. Výpočet vymezení obslužných okruhů je založen na těchto vstupních parametrech:

$m_{(i)}$ = hmotnost zásilky

$m_{(A)}$ = nosnost vozidla

$V_{(i)}$ = objem zásilky

$V_{(A)}$ = ložný objem vozidla

n = počet zastávek; $n \leq 70$

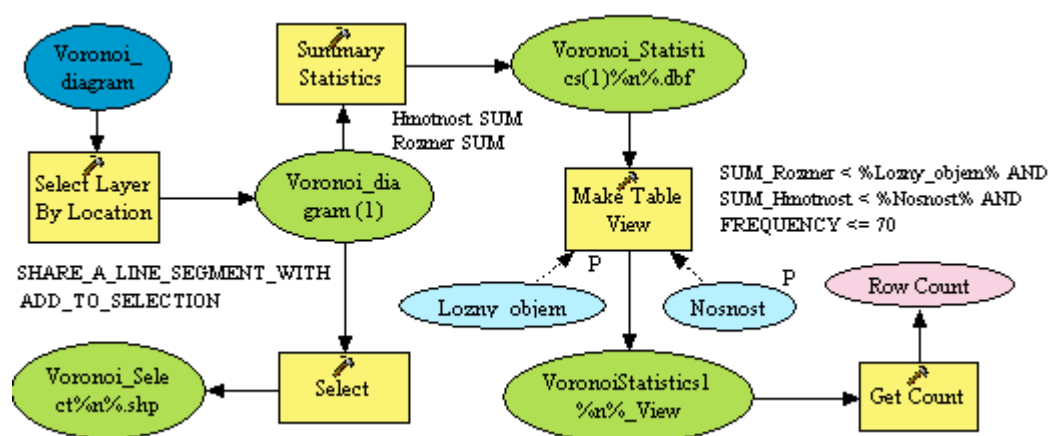
$t_{(i)}$ = čas doručení zásilky

$$\sum_{i=1}^n m_{(i)} < m_{(A)}$$

$$\sum_{i=1}^n V_{(i)} < V_{(A)}$$

Proces vymezení obslužných rajónů jednotlivým přepravním vozidlům jsem realizoval na základě opakovaného využití modelu, který jsem navrhl pomocí nástroje Model Builder v softwaru ArcInfo (obr. 30).

Obr. 30: Model vymezující obslužné rajóny přepravním vozidlům



zdroj: vlastní

Navržený model pracuje na základě iteračních cyklů. Zpočátku se ve vstupní vrstvě určí polygon, ze kterého je zahájen výpočet. V každém kroku iterace je rozšiřován výběr polygonů o polygony sousední, které se přidávají k již existujícímu výběru (mapa 2). Výběr sousedních polygonů zajišťuje funkce *Select Layer by Location* pomocí topologického pravidla 'Share a line segment with'.

Funkce *Summary Statistics* všem vrstvám polygonů generovaných při jednotlivých iteračních cyklech počítá sumarizované hodnoty atributů hmotností a objemů zásilek ('Hmotnost_SUM' a 'Rozmer_SUM'). Výstupní hodnoty jsou ukládány do souborů *Voronoi_Statistics(1)%n%.dbf*.

Využitím funkce *Make Table View* jsem docílil porovnávání hodnoty atributu ‘Sum_Hmotnost’ a ‘Sum_Objem’ s hodnotami proměnných ‘Lozny_objem’ a ‘Nosnost’, do kterých jsou zaznamenány hodnoty představující kapacitní parametry zvoleného přepravního vozidla. Tato funkce vytvoří pohled na tabulku, do kterého jsou přidávány všechny záznamy splňující stanovenou podmínku ($\text{Rozmer_SUM} < \% \text{Lozny_objem}\%$ AND $\text{Hmotnost_SUM} < \% \text{Nosnost}\%$ AND $\text{Frequency} \leq 70$).

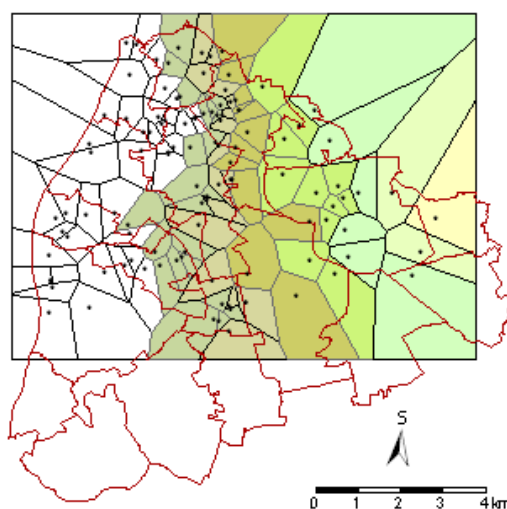
Využitím funkce *Get Count* se do proměnné *Row Count* zaznamená počet záznamů uložených v pohledu tabulky *VoronoiStatistics1%_View*.

Jednotlivé polygonové vrstvy splňující podmínku zadanou ve funkci *Make Table View* jsem pomocí funkce *Select* uložil do souborů *Voronoi_Select%_shp*.

Mapa 2: Přírůstky iteračních průchodů v závislosti na stanovených parametrech

	suma_h motnost [m ³]	suma_ objem [kg]	počet_po lygonů	mezí hodnoty_Nosnost [kg]Ložný_objem [m ³]
Výchozí polygon	36,2	0,78	1	1200/11,5
Iterace 1	94,2	1,5	3	
Iterace 2	113,1	2,11	9	
Iterace 3	253,5	5	20	
Iterace 4	414,2	8,04	32	
Iterace 5	504,9	10,8	48	
Iterace 6	1025	17,8	70	

- Místa doručení
- ▭ Městské části
- ▭ Voronoi diagram
- ▭ Výchozí polygon
- ▭ Iterace 1
- ▭ Iterace 2
- ▭ Iterace 3
- ▭ Iterace 4
- ▭ Iterace 5
- ▭ Iterace 6



zdroj: vlastní

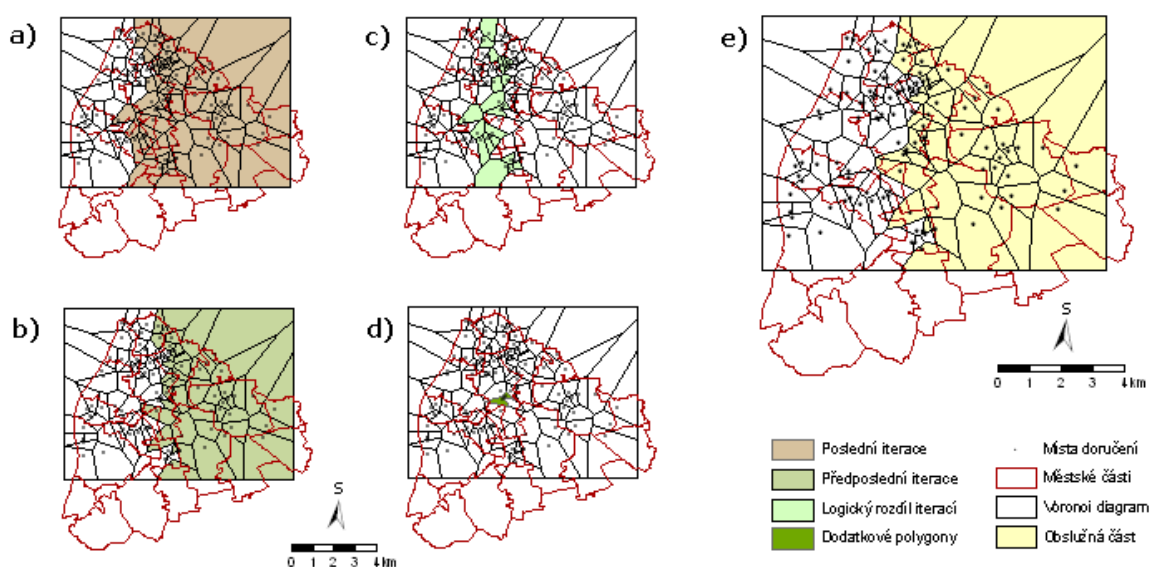
Navržený model generuje sadu shapefilů a jim příslušející sadu tabulek. Podle stanovené podmínky poslední iterace vždy překračuje zadané hodnoty parametrů ‘Nosnost’, ‘Lozny_objem’ či počet zásilek ‘Frequency’. Hodnoty parametrů předposlední iterace jsou naopak vždy nižší (tabulka mapy 2).

Do konečného výsledku jsem započítal polygonovou vrstvu generovanou v předposlední iteraci (mapa 3 b), kterou jsem doplnil o vybrané polygony z iterace poslední (mapa 3 a). Tyto doplňující polygony jsem získal opětovným použitím navrženého modelu na nově vytvořenou polygonovou vrstvu, kterou jsem vytvořil pomocí operace logického rozdílu vrstev generovaných v předposledním a posledním iteračním cyklu (mapa 3 c).

V parametrech modelu jsem změnil hodnoty proměnných ‘Lozny_Objem‘ a ‘Nosnost‘. Jejich hodnoty představovaly rozdíly hodnot atributů ‘Sum_Hmotnost‘, ‘Sum_Objem‘ generovaných při posledním iteračním cyklu (mapa 3 a) a zadaných kapacitních parametrů přepravního vozidla definovaných v proměnných ‘Lozny_Objem‘ a ‘Nosnost‘.

Logickým rozdílem vstupní vrstvy (mapa c) a z ní generované vrstvy vytvořené v posledním iteračním cyklu jsem získal doplňkovou množinu polygonů ke vstupní vrstvě (mapa 3 d). Sjednocením této vrstvy s vrstvou předposlední iterace generovanou v první fázi výpočtu (mapa 3 b) vznikl obslužný rajón (mapa 3 e).

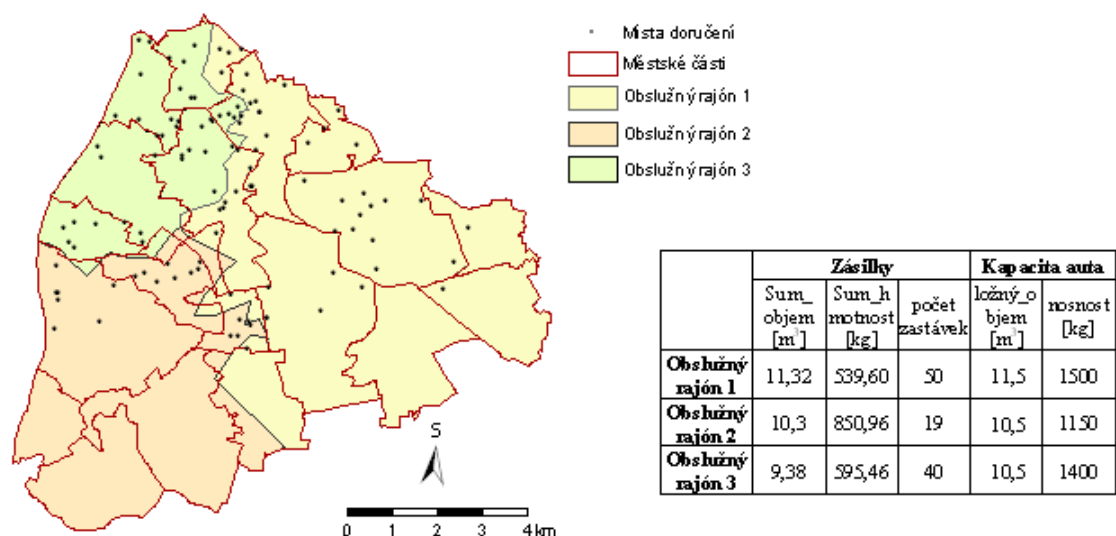
Mapa 3: Proces vymezování obslužných rajónů



zdroj: vlastní

Pomocí funkce *Erase* zprostředkovávající operaci logického rozdílu jsem ze vstupní vrstvy Voronoi_diagram vyřízl vrstvu vymezující výsledný obslužný rajón (mapa 3 e) a výše zmíněný proces jsem znovu opakoval. Tímto způsobem jsem vymezil zbylé obslužné rajóny (mapa 4).

Mapa 4: Výsledné vymezení obslužných rajónů

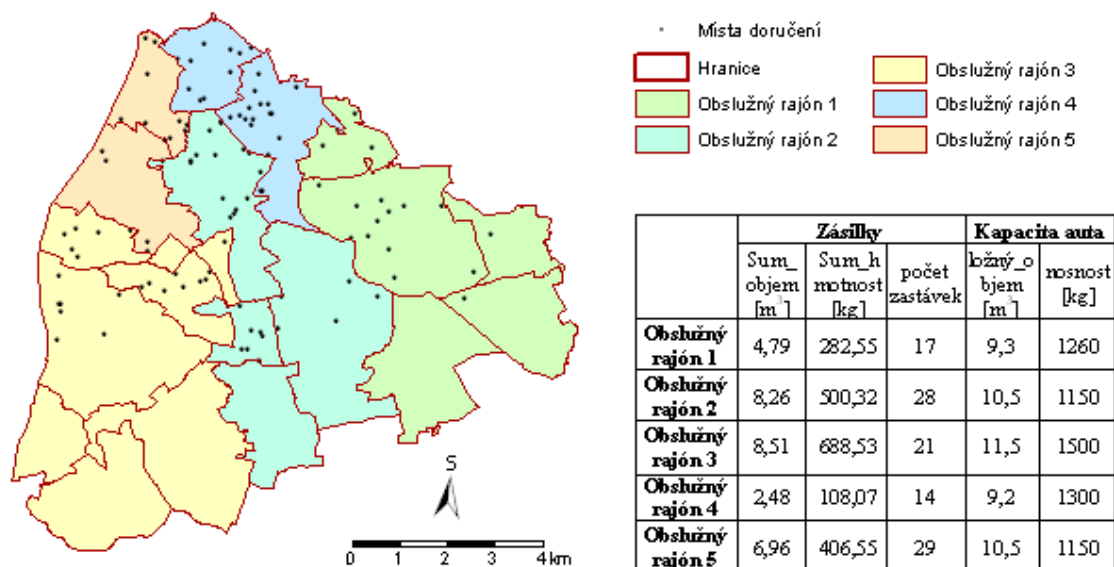


zdroj: vlastní

4.3.4. Vymezení pevných obslužných rajónů

Druhý způsob vymezení obslužných rajónů jsem vytvořil na podkladě dat získaných od firmy Toptrans. Jednotlivé obslužné okruhy jsem vyčlenil přiřazením městských částí do definovaných obslužných rajónů. Tento způsob rozdělení vymezuje stejné obslužné rajóny, které při rozdělování rozvozů zásilek využívá firma Toptrans (mapa 5).

Mapa 5: Vymezení obslužných rajónů používané ve firmě Toptrans



zdroj: vlastní, dle vymezení Toptrans

4.4. Vymezení optimálních tras v obslužných rajónech

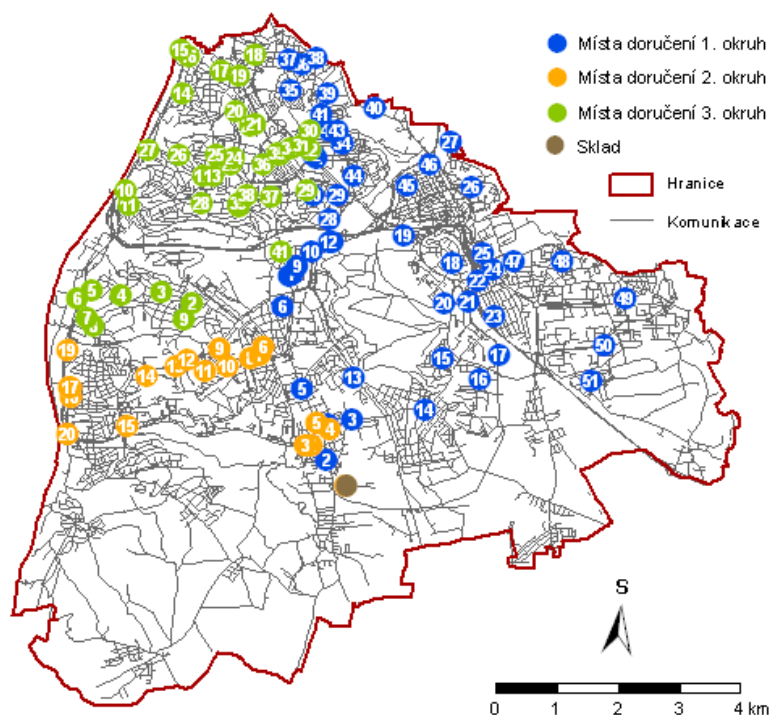
Vymezení tras jsem prováděl v extenzi Network Analyst v softwaru ArcInfo. Jednotlivé trasy jsem vymezil na základě nalezení *časově optimální trasy*. Kromě definovaných pravidel nad síťovou datovou sadou (kap. 4.2.2) jsem mezi limitující faktory vymezující časově optimální trasy započítával doručení zásilek v požadovaném čase a časovou prodlevu způsobenou při vykládce zboží.

Požadované časové doručení zásilek jsem rozdělil do dvou termínů, které využívá firma Toptrans. První termín zaručuje doručení zásilek do 12. hodiny, druhý do 18. hodiny. Doba časového doručení zásilek je zaznamenána prostřednictvím atributu 'Termin_dor' v tabulce objektů 'Zasilka'. V závislosti na požadovaném časovém doručení zásilky jsem jednotlivým zastávkám v extenzi Network Analyst nastavil požadovaný časový limit nejzazšího možného doručení pomocí nástroje *Time Windows*.

Časové prodlevy vznikající při vykládce zásilek jsem zohlednil připočítáním koeficientu zdržení k výslednému času. Každému místu doručení jsem připočítával konstantní hodnotu sedmi minut, kterou jsem určil jako průměrnou hodnotu potřebnou k vykládce zboží. V prostředí extenze Network Analyst jsem časová zdržení nastavil pomocí nástroje *Attribute Time*.

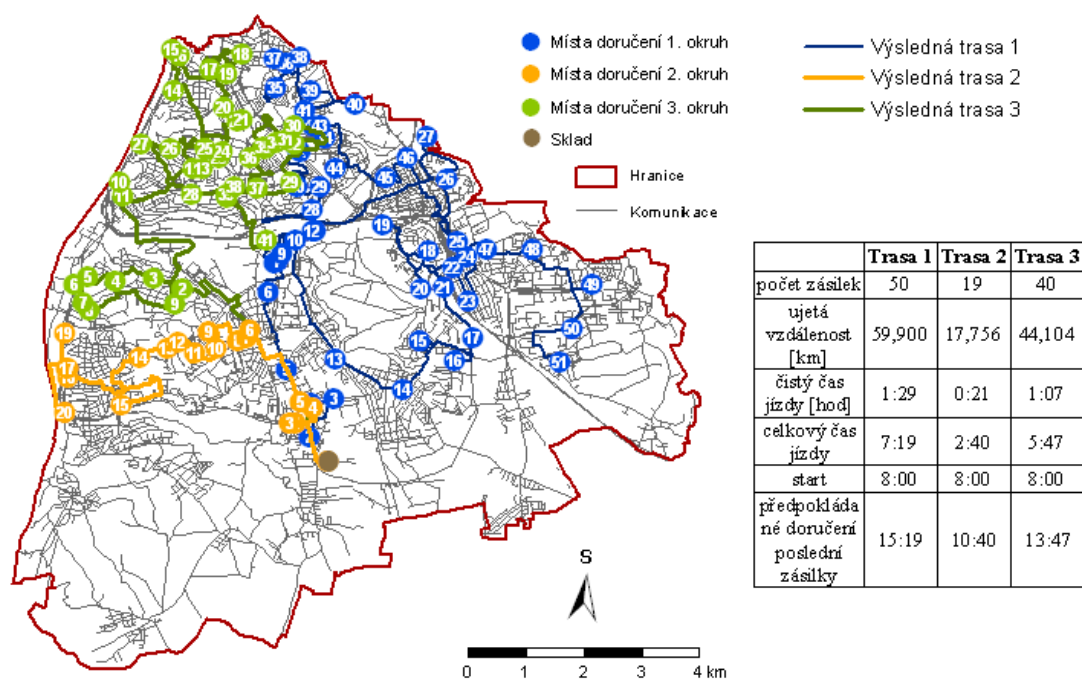
Přehledové mapy (mapy 6-9) znázorňují místa doručení zásilek a jim generované *časově optimální trasy*. Tabulky přiřazené k těmto mapám obsahují souhrnné informace o trase. Všechny mapy ve větším měřítku zobrazující generované trasy ve všech obslužných rajónech jsou zahrnuty v příloze.

Mapa 6: Přehledová mapa míst doručení v závislosti na prvním způsobu vymezení obslužných rajónů (dle kapitoly 4.3.3.)



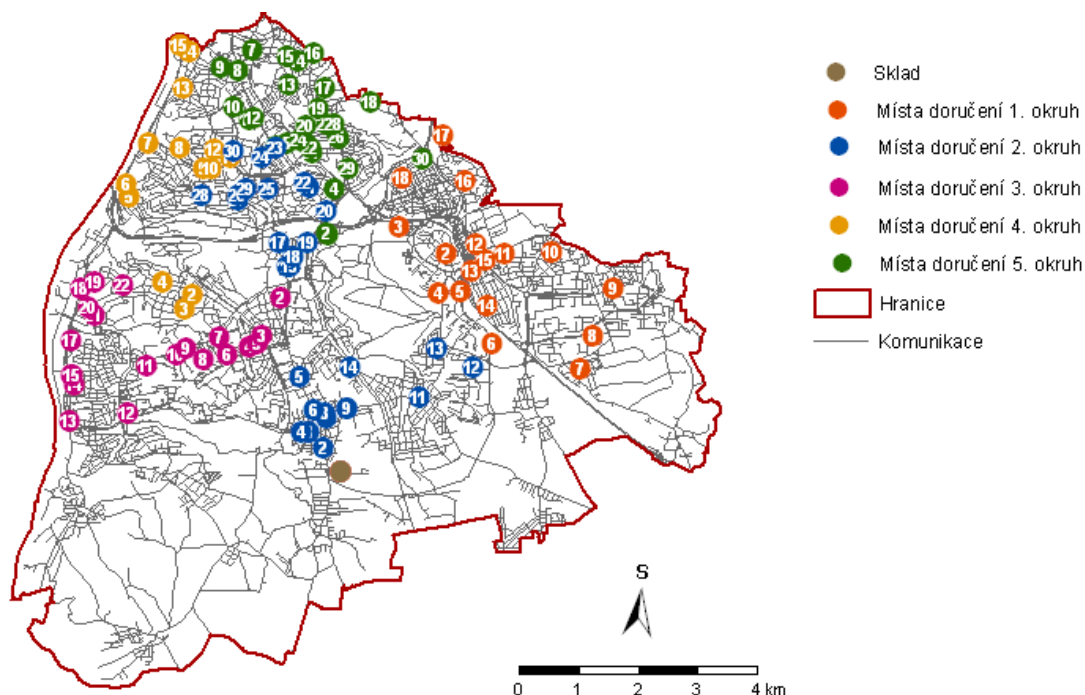
Zdroj: vlastní

Mapa 7: Přehledová mapa vymezení časově optimálních tras v závislosti na prvním způsobu vymezení obslužných rajónů (dle kapitoly 4.3.3.)



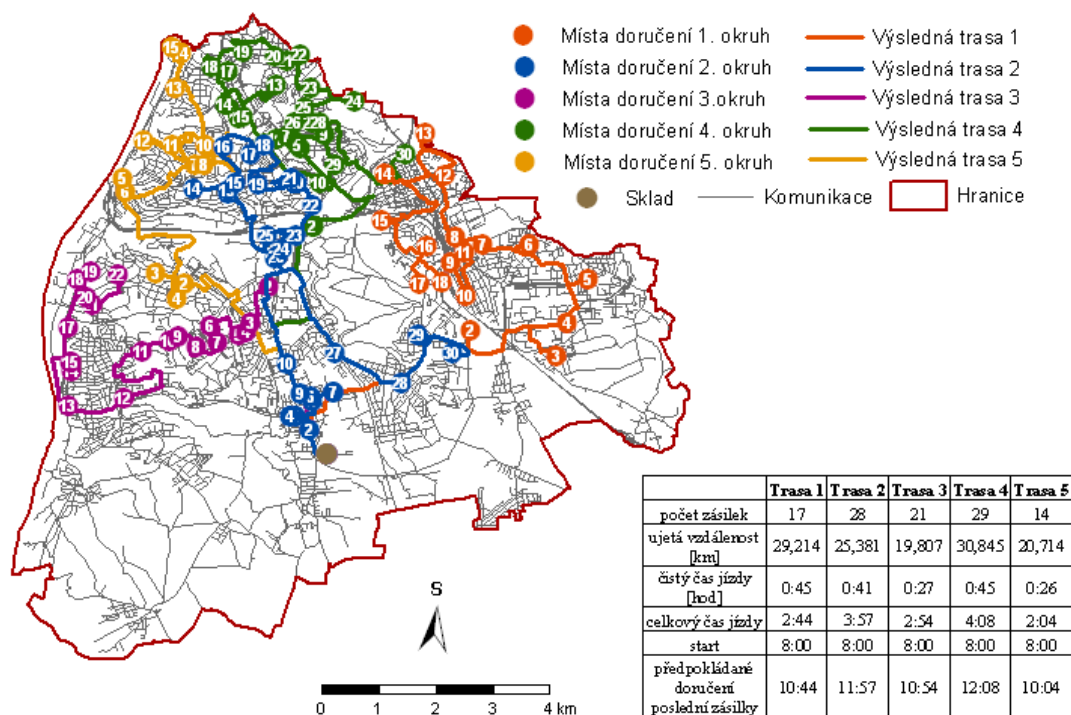
zdroj: vlastní

Mapa 8: Přehledová mapa míst doručení v závislosti na druhém způsobu vymezení obslužných rajónů (dle kapitoly 4.3.4.)



zdroj: vlastní

Mapa 9: Přehledová mapa vymezení časově optimálních tras v závislosti na prvním způsobu vymezení obslužných rajónů (dle kapitoly 4.3.4.)



zdroj: vlastní

4.5. Generování soupisek rozvozů a itineráře tras

Všem vytvořeným mapám znázorňujícím časově optimální trasy rozvozů zásilek jsem generoval soupisky rozvozů. Navržená struktura soupisky obsahuje atributy požadovaného termínu doručení, příjemce, adresy doručení a parametry definující zásilku (ID zásilky, hmotnost a rozměr). Generování soupisek jsem provedl v softwaru MS Access pomocí SQL dotazů. Výsledný dotaz seskupoval zmíněné atributy vybírané z relací 'Adresni_Body', 'Zasilka' a 'Zakaznik'. Vzorový příklad vytvoření soupisky rozvozů pro první obslužný rajón vymezený dle druhého způsobu vymezení (kap. 4.3.4, mapa-příloha) znázorňuje tab. 5. Zbývající soupisky rozvozů a k nim připojené mapy jsou uvedeny v příloze.

Každé vymezené trase lze pomocí nástroje *Directions* v extenzi Network Analyst vytvořit itinerář tras znázorňující detailní popis trasy. Itinerář první trasy dle druhého způsobu vymezení tras (kap. 4.3.4.) je znázorněn na obrázku 31.

Tab. 5: Proces vytvoření soupisky rozvozů

a) SQL dotaz vybere požadovaného řidiče a auto

```
SELECT Ridic.Jmeno, Ridic.Prijmeni, Automobil.Znacka, Automobil.Nosnost,  
Automobil.Lozny_obc FROM Ridic LEFT JOIN Automobil ON  
Ridic.ID_Rid=Automobil.ID_Rid WHERE Ridic.ID_Rid = 5;
```

JMENO	PRIJMENI	ZNACKA	NOSNOST	LOZNY_OBC
Lukas	Plechota	Renault Master	1150	10,5

b) Dotaz vybere termín doručení, příjemce, adresu doručení a parametry zásilky a vybrané záznamy abecedně seřadí dle atributu ,Prijemce‘

```
SELECT Zasilka.Termin_dor, Zakaznik.Prijemce, Adresni_Body.Ulice, Adresni_Body.CP,  
Zasilka.ID_Zas, Zasilka.Hmotnost, Zasilka.Rozmer  
FROM Zakaznik INNER JOIN (Zasilka INNER JOIN Adresni_Body ON  
Adresni_Body.ID_Adr = Zasilka.ID_Adr) ON Zakaznik.ID_Zak = Zasilka.ID_Zak  
WHERE Zasilka.ID_Rid=5 ORDER BY Zakaznik.Prijemce ASC;
```

TERMIN DOR	PRIJEMCE	ULICE	CP	ID ZAS	HMOTNOST	ROZMER
18	Addex	Zakouřilova	1169	78	2,00	0,12
18	Afriso	Zakouřilova	839	79	15,00	0,20
18	Baumax	Türkova	1272	85	15,00	0,20
18	Baumax	Türkova	1272	86	10,00	0,20
18	Baumax	Türkova	1272	87	21,00	0,30
18	Braun Medical	Cigánkova	1861	81	0,50	0,01
18	Braun Medical	Cigánkova	1861	82	0,50	0,01
18	Braun Medical	Cigánkova	1861	83	0,50	0,01
18	Braun Medical	Cigánkova	1861	84	0,50	0,01
18	Czech Computer	Hviezdoslavova	509	89	0,60	0,12
18	Czech Computer	Hviezdoslavova	509	88	20,20	0,30
18	Czech Computer	Hviezdoslavova	509	90	0,60	0,12
18	Czech Computer	Hviezdoslavova	509	91	0,80	0,12
18	Czech Computer	Hviezdoslavova	509	92	14,00	0,12
18	Daimler-Chrysler Automotive Bohemia	Daimlerova	2296	93	13,00	0,20
18	Fotolab AS	Kloknerova	2278	97	0,40	0,01
18	Glenfield	Roztylská	2232	98	16,00	0,30
18	Hedvik P.	U mlýna	2326	109	0,50	0,12
18	Pekny J.	Benkova	1687	101	0,20	0,01
18	Polesna H.	Petýrkova	1944	110	16,00	0,30
18	Pribyl J.	Doubravická	1306	100	2,00	0,12
18	Right Service Everytime	Severozápadní I	285	111	1,00	0,12
18	RLC	Vodnická	335	112	1,00	0,12
12	Sephora	Roztylská	2232	113	12,00	0,20
18	Technology Park	Roztylská	2232	114	1,00	0,12
18	T-Systems	Tomíčková	2144	115	12,00	0,20
18	Unismini služby	Bělčická	2922	116	0,15	0,12
18	Victory Chodov	Roztylská	2232	117	50,00	0,40
12	Vodafone-Centrum Chodov	Roztylská	2232	118	0,10	0,01
18	Zarikova E.	Pišťkova	1155	94	56,00	0,60

zdroj: vlastní

Obr. 31: Itinerář tras

[-] Route: Sklad - Location 6			29214,5 m	2 hr 44 min
1:	Start at Sklad			Map
2:	Go West	198,3 m	< 1 min	Map
3:	Make sharp right	71,2 m	< 1 min	Map
4:	Bear right on Libušská	335,8 m	< 1 min	Map
5:	Turn right on V bambouskách	75 m	< 1 min	Map
6:	Turn left on Na Musilech	319,8 m	< 1 min	Map
7:	Turn right on Klokotská	112 m	< 1 min	Map
8:	Continue on Milová	132 m	< 1 min	Map
9:	Turn left to stay on Milová	282,7 m	< 1 min	Map
10:	Turn right on Dobronická	609,9 m	< 1 min	Map
11:	Turn right on Vídeňská	47,9 m	< 1 min	Map
12:	Turn right on K Libuši	591,3 m	< 1 min	Map
13:	Continue on nám. Prezidenta Masaryka	71,5 m	< 1 min	Map
14:	Turn right to stay on nám. Prezidenta Masaryka	17,7 m	< 1 min	Map
15:	Turn left at K Šeberáku to stay on nám. Prezidenta Masaryka	17,5 m	< 1 min	Map
16:	Turn right to stay on nám. Prezidenta Masaryka	39,9 m	< 1 min	Map
17:	Turn right on K Verneráku	1019,8 m	1 min	Map
18:	Turn right on U Kunratického lesa	573,5 m	< 1 min	Map
19:	Bear right on Na jelenách	108,4 m	< 1 min	Map
20:	Continue on Roztylská	305 m	< 1 min	Map
21:	Turn right on Cigánkova	70,8 m	< 1 min	Map
22:	Arrive at Location 2, on the left		7 min	Map
Service Time: 7 min				
23:	Depart Location 2			
24:	Go back West on Cigánkova	70,8 m	< 1 min	Map
25:	Turn left on Roztylská	297,9 m	< 1 min	Map

zdroj: vlastní

4.6. Zhodnocení parametrů generovaných tras

Výsledné hodnoty popisující parametry vymezených tras jsou shrnuty v tab. 6. V prvním způsobu rozdělení tras vycházejícího z požadavku maximálního vytížení přepravního vozidla stačily k uskutečnění rozvozu všech zásilek tři přepravní automobily. V druhém způsobu rozdělení tras realizovaném na podkladě vymezení obslužných rajónů ve firmě Toptrans je k rozvozu zásilek potřebné využít pět přepravních vozidel. Odlišný počet nasazení přepravních vozidel předurčuje i jejich vytíženost.

Porovnávání najetých vzdáleností a výsledných časů potřebných k rozvozu zásilek u jednotlivých vozidel není možné uskutečnit z důvodu odlišného počtu vozidel vykonávajících rozvoz zboží. Jestliže však porovnáme sumy najetých vzdáleností a sumy časů potřebných k doručení všech zásilek, tak hodnoty u obou způsobů vymezení tras nabývají podobných hodnot.

Důvodem takto vyrovnaných výsledků je fakt, že v podkladových datech získaných od firmy Toptrans byla převážná většina zásilek objednána v běžném základním termínu garantujícím doručení zásilky do 18. hodiny a jen několik málo zásilek bylo objednáno v nadstandardním termínu garantujícím doručení zásilky do 12. hod. Čím více zásilek by bylo objednáno v termínu do 12. hodiny, tím by pravděpodobně byly sumarizované hodnoty najetých vzdáleností a sumarizované hodnoty časů potřebných k doručení zásilek nižší a to ve prospěch způsobu rozdělení tras využívajících nasazení více přepravních vozidel.

Tab. 6: Parametry rozvozu

a) První způsob vymezení tras (kap. 4.3.3.)

	zásilka		kapacitní hodnoty		najatá vzdálenost [km]	čas rozvozu [hod]
	počet zásilek	počet míst doručení	hmotnost nákladu [kg]	objem nákladu [m ³]		
1. přepravní okruh	30	17	282,55	4,79	29,214	2:44
2. přepravní okruh	39	28	500,32	8,26	25,381	3:57
3. přepravní okruh	32	21	688,53	8,51	19,807	2:54
4. přepravní okruh	37	29	406,55	6,96	20,714	2:04
5. přepravní okruh	16	14	108,07	2,48	30,845	4:08
<i>suma</i>	<i>154</i>	<i>109</i>	<i>1986,02</i>	<i>31,00</i>	<i>125,961</i>	<i>15:47</i>

	řidič	značka	nosnost [kg]	ložný objem [m ³]	zaplnění hmotnost [%]	zaplnění objem [%]	přepravní okruh
vozidlo 1	Handa P.	Fiat Ducato	1260	9,3	22,4	51,5	1
vozidlo 2	Tomanský J.	Renault Master	1150	10,5	43,5	78,7	2
vozidlo 3	Vobil T.	Iveco Daily	1500	11,5	45,9	74,0	3
vozidlo 4	Metlicka I.	Ford Transit	1300	9,2	8,3	27,0	5
vozidlo 5	Plechota L.	Renault Master	1150	10,5	35,4	66,3	4

b) Druhý způsob vymezení tras (kap. 4.3.4.)

	zásilka		kapacitní hodnoty		najatá vzdálenost [km]	čas rozvozu [hod]
	počet zásilek	počet míst doručení	hmotnost nákladu [kg]	objem nákladu [m ³]		
1. přepravní okruh	78	50	539,60	11,32	59,900	7:19
2. přepravní okruh	30	19	850,96	10,3	17,756	2:40
3. přepravní okruh	46	40	595,46	9,38	44,104	5:47
<i>suma</i>	<i>154</i>	<i>109</i>	<i>1986,02</i>	<i>31,00</i>	<i>121,760</i>	<i>15:46</i>

	řidič	značka	nosnost [kg]	ložný objem [m ³]	zaplnění hmotnost [%]	zaplnění objem [%]	přepravní okruh
vozidlo 1	Vobil T.	Iveco Daily	11,5	1500	36,0	98,4	1
vozidlo 2	Tomanský J.	Renault Master	10,5	1150	74,0	98,1	2
vozidlo 3	Plechota L.	Renault Master	10,5	1150	51,8	89,3	3

zdroj: vlastní

Každý způsob vymezení obslužných rajónů má své přednosti a nedostatky, které jsou blíže rozebrány v kap. 5.5.

4.7. Započítávané charakteristiky a možné aplikace nad vytvořeným databázovým modelem

V závěrečné fázi této kapitoly jsou shrnuty možnosti a charakteristiky definující navržený model.

V přehledové tabulce 7 jsou uvedena pravidla, která jsem započítával při výstavbě síťové datové sady. Na základě těchto pravidel GIS analýzy prováděné v extenzi Network Analyst dosahují přesnějších výsledků.

Nad daty vytvořené geodatabáze lze v prostředí MS Access vykonávat SQL management, na základě kterého se získávají informace z dat. Při tvorbě logického schématu databáze jsem s tímto aspektem počítal a modeloval jsem atributy jako například 'Cena' a 'Cena_dobirka' třídy 'Zasilka' představující cenu přepravného a případnou cenu za dobírku zásilky.

Nad zhotovenou geodatabází je možné aplikovat nástroje Network Analyst, které hledají nejkratší a časově nejkratší cesty. V této práci jsem však využil nástrojů k nalezení časově optimální trasy, která je vypočtena na základě požadavku doručení zásilek v požadovaném časovém termínu. Jednotlivým zastávkám představujícím místa doručení jsem připočítával čas potřebný k vykládce zásilky.

Tento model má i své nevýhody. Nejsou počítána zdržení na některých dopravních značkách (zúžení komunikací, stop atd.). Přesto je v databázovém schématu modelovaná třída 'Dopravni_znacení', která počítá s doplněním jednotlivých typů značek, na základě kterých by byla zpřesněna časová průjezdnost segmentů sítě navrženého modelu. Dalším limitem je nezapočítávání dynamických parametrů nad zvolenými atributy. Možnost a naznačení praktického doplnění modelu o započítávání dynamických parametrů nad definovanými atributy je rozebrána v diskuzi.

Všechny zmíněné charakteristiky definující výsledný model jsou shrnuty v tab. 7.

Tab. 7: Započítávané charakteristiky a možné aplikace nad vytvořeno geodatabází

nalezení optimální trasy	omezení provozu	připočítávaná zdržení	limity	získávání informací z dat
nejkratší vzdálenost	jednosměrné komunikace	zdržení na semaforech	zdržení na ostatních značkách (stop, zúžení komunikace,...)	ekonomický management nad daty vytvořené databáze pomocí SQL dotazů
časově nejkratší vzdálenost	neprůjezdné komunikace	připočtení času při vykládce zásilek	modelování dynamických parametrů (průjezdnost velkých přepravních vozidel pod mosty atd.)	
vymezení trasy na základě stanovení časového termínu doručení zásilek	mimoúrovňová křížení stanovení objízdných tras	zdržení při průjezdu zatáčkou v závislosti na úhlu zatáčky		

5. Diskuze

Tato kapitola je rozdělena do dvou částí. V diskuzi o metodice jsou zmíněny další možné způsoby řešení vybraných problémů a jsou naznačeny možnosti, o které by mohly být vybrané kapitoly rozšířeny. V první části diskuze jsou postupně rozebrány vybrané aspekty návrhu databáze, proces výstavby síťové datové sady, vymezení obslužných rajónů a vymezení optimálních tras přepravním vozidly. Druhá část této kapitoly se zabývá diskuzí o výsledcích práce.

5.1. Diskuze o metodice

5.1.1. Diskuze k metodice návrhu databáze

Zásadní otázkou první části práce bylo zvolit vhodnou modelovací techniku, pomocí které bych vyhotovil schéma databáze. V zásadě se mi nabízely tři možnosti.

První možností bylo modelovat databázové schéma pomocí ERD. Tento způsob konceptuálního návrhu databáze je možné využít, avšak uložení prostorové složky dat do relací je značně neefektivní.

Druhý způsob modelování databázového schématu využívá E-ER modelu. E-ER model umožňuje modelovat schéma geografické databáze pomocí metodiky ERM. Modelování pomocí ERM je všeobecně známé a uživatelsky snadné. Přestože tento model efektivně ukládá prostorovou složku dat, tak tato modelovací technika je však stále spjata s RDBMS.

Třetí možný způsob návrhu databázového schématu je spjat s použitím jazyka UML, respektive s jeho notací *Class Diagram*. Hlavní výhodou modelování pomocí jazyka UML je jeho univerzálnost. UML je vystavěn na objektově orientované technologii, která však předurčuje vyšší nároky na uživatele.

Modelování databázového schématu jsem se rozhodl modelovat v jazyce UML, ve kterém jsem nakonec vytvořil návrh schématu databáze.

5.1.2. Diskuze k metodice výstavby síťové datové sady

V této části kapitoly je mimo jiné upozorněno na některá pravidla, která při vystavění síťové datové sady nebylo nutné zohlednit.

Diskuze ke stanoveným pravidlům určující časovou průchodnost sítě

Pravidla definující doby časových průchodností hran jsem vypočítal na základě stanovení *základních hodnot časové průchodnosti hran*, ke kterým jsem přičetl *koeficienty zdržení*. Všem koeficientům zdržení jsem stanovil hodnoty globálního charakteru. Přesnějších výsledků by však vykazovalo nastavení hodnot lokálního charakteru.

Další možností získání časových údajů potřebných k průjezdnosti hran jednotlivých silničních segmentů by bylo možné získat z průměrných hodnot dat získaných z výsledků testování v reálném provozu. Výsledky by nabývaly přesnějších hodnot, avšak realizace měření by byla časově zdlouhavá a finančně náročná.

Diskuze k modelování dynamických parametrů nad definovanými atributy

Navržený model neobsahuje dynamické parametry modelování. O tyto parametry je však možné model rozšířit. V softwaru firmy ESRI, ve kterém jsem vykonával výstavbu síťové datové sady, se dynamické parametry nad danými atributovými hodnotami modelují pomocí nástroje *‘Parameters’*. Příkladem může být stanovení limitních hodnot mostů, které definují jejich výšku. V závislosti na výšce mostu a přepravního vozidla je průjezd pod mostem buď zakázán, nebo povolen (obr. 33).

Obr. 33: Skript definující zákaz průjezdnosti přepravních vozidel pod mosty

```
restricted = false
height = ParameterValueByName("Vehicle Height")
if height > 0
    maxHeight = Edge.AttributeValueByName ("MaxHeight")
    if maxHeight > 0 then
        restricted = height > maxHeight
end if
```

zdroj: www.esri.com

Modelování dynamických parametrů nad definovanými atributy jsem do modelu nezahrnul z důvodu, že všechna přepravní vozidla vozového parku definovaná v třídě ‘automobil‘ byly dodávky s hmotností do 3,5 t.

Diskuze k implementaci mimoúrovňového křížení silničních segmentů

Mimoúrovňová křížení uličních segmentů lze definovat dvěma způsoby. První způsob zajišťuje implementaci mimoúrovňových křížení prostřednictvím stanovení pravidla zajišťujícího spojení linií pouze v jejich koncových bodech.

Starší způsob vymezení mimoúrovňových křížení používaný v softwarech ESRI je založen na definování atributů F_ZLEV a T_ZLEV. Názvy těchto atributů jsou v softwarech ESRI předdefinované a v extenzi Network Analyst se na ně automaticky aplikuje skript určující průchodnost hran mimoúrovňových křížení segmentů sítě. Hodnoty atributů mimoúrovňových křížení sítě nabývají odlišných hodnot.

Ve výsledné síťové datové sadě je implementace mimoúrovňových spojení zkonstruována na základě pravidla zajišťujícího spojení linií v koncových bodech.

5.1.3. Diskuze k vymezení obslužných rajónů

První způsob vymezení dle požadavku maximálního naplnění kapacity přepravních vozidel vychází z metody využívané v dopravním inženýrství. Metoda je založena na základě transformace bodů představujících místa doručení do polygonové vrstvy vymežující obslužný rajón pomocí teselace.

Druhý způsob vymezení obslužných rajónů jsem realizoval na základě podkladových dat získaných od firmy Toptrans. Vlastní stanovení stálých obslužných rajónů by bylo velice obtížné a žádalo by si rozsáhlou datovou analýzu.

Vymezení obslužných rajónů lze také realizovat pomocí nástroje *Finding a Service Area* extenze Network Analyst. Vymezení jednotlivých obslužných částí je stanoveno na základě časové či vzdálenostní dostupnosti od zvoleného bodu. Tento způsob vymezení se využívá při stanovení dojezdů vozidel a pro logistické přepravní analýzy není vhodný. Proto jsem tento způsob vymezení obslužných rajónů nevyužil.

5.1.4. Diskuze k vymezení optimálních tras v obslužných rajónech

Vymezení tras ve všech obslužných rajónech jsem realizoval na základě nalezení časově optimálních tras. Vzhledem k faktu, že jednotlivým zastávkám byly nastaveny hodnoty představující stanovený termín nejzazšího doručení zásilky, tak generované trasy mohou, avšak nemusí být časově nejkratší.

V teorii grafů patří nalezení nejlevnějších cest mezi N body do skupiny úloh NP úplných problémů. V praxi se způsob nalezení cesty mezi N body řeší přibližně pomocí nasazení heuristických algoritmů. Tyto algoritmy vykazují kvalitní výsledky, avšak nezaručují nalezení nejlevnější trasy.

5.2. Diskuze k výsledkům práce

V prvním způsobu vymezení obslužných rajónů založeném na maximálním vytížení vozidel stačilo k rozvozu všech zásilek využít tři přepravní vozidla. V druhém vymezení obslužných rajónů dle podkladů Toptrans bylo nutné k rozvozu zásilek využít pět přepravních vozidel. Ostatní porovnávané parametry (tab. 6) vykazují podobné hodnoty. V případě, že by přepravní firma platila řidiče od hodiny či tarifně za doručenou zásilku, tak její ekonomické náklady potřebné k zajištění rozvozu zásilek by byly přibližně stejné (tab. 6).

Jestliže bychom do diskuze zahrnuli otázku svozu zásilek, tak v prvním způsobu vymezení obslužných rajónů bychom do provozu museli nasadit další přepravní vozidla. Tato vozidla by zprostředkovávala pouze svoz zásilek. V případě druhého způsobu vymezení dle firmy Toptrans je možné přepravním vozidlům provádějícím rozvoz zadat adresy svozů. Tímto se objasňuje jejich na první pohled nízká vytíženost. Navržení metodiky přiřazující jednotlivým přepravním vozidlům rozvozy i svozy zásilek by bylo obtížné. Nelze totiž vycházet z faktu, že přepravní vozidla by vykonávaly nejdříve rozvoz a poté svoz zboží.

Ze získaných výsledků nelze obecně konstatovat, který z testovaných způsobů vymezení obslužných rajónů je výhodnější. Každý způsob vymezení vykazuje svoje výhody i nevýhody.

6. Závěr

Tato práce se skládá ze dvou základních částí. V první části práce jsem uskutečnil návrh databázového modelu, na základě kterého jsem v druhé části práce realizoval logistické analýzy rozvozu zboží.

Proces návrhu databáze postupně procházel třemi základními fázemi. V první fázi konceptuálního modelování jsem stanovil požadavky na data. Logické schéma databáze jsem navrhl v ESRI notaci UML v softwarovém prostředí MS Visia. V poslední fázi modelovacího procesu jsem transformoval logické schéma databáze do fyzického uložení personální geodatabáze, do které jsem následně importoval data.

Ve druhé části práci jsem nad vytvořenou databází aplikoval GIS analýzy, které vedly k vymezení obslužných rajónů. V takto vzniklých obslužných rajónech jsem všem přepravním vozidlům vymezoval časově optimální cesty. Vymezení obslužných rajónů jsem stanovil dvěma způsoby. První způsob vycházel z požadavku maximálního naplnění kapacit všech přepravních vozidel. Druhý způsob vymezení obslužných rajónů jsem provedl na základě pevně stanovených obslužných rajónů podle podkladových dat firmy Toptrans.

V prvním způsobu vymezení dle maximálního naplnění kapacit nákladových prostorů přepravních vozidel k rozvozu všech zásilek stačilo využít tři přepravní automobily. V druhém způsobu vymezení dle podkladů Toptrans bylo k rozvozu všech zásilek nutné využít pět přepravních automobilů. I přes tento fakt však nelze obecně konstatovat, že první způsob vymezení obslužných rajónů je efektivnější.

Všem výsledným obslužným rajónům jsem generoval časově optimální trasy, které zaručily doručení zásilek v požadovaném termínu. Grafickými výstupy práce jsou mapy znázorňující časově optimální trasy dle obou způsobů vymezení. K mapám jsou generovány soupisky rozvozu, které obsahují informace o zásilce, příjemci zboží a adrese doručení. Tyto soupisky a mapy slouží jako podkladová data řidičům, kteří obstarávají rozvoz zboží.

Výsledkem této práce je navrhnutý databázový model, na základě kterého je možno v prostředí GIS optimálně rozdělit rozvozy zásilek v požadovaném termínu doručení. Navrženou metodiku vymezení obslužných rajónů založenou na maximálním vytížení kapacit nákladových prostorů přepravních vozidel by před nasazením do praxe bylo nutné testovat na velkém vzorku dat.

7. Seznam zdrojů

7.1. Seznam literatury

- Ambler, W. S. (2005): *The Elements of UML 2.0 style*. Cambridge University Press.
- Arlow, J. (2007): *UML 2 a unifikovaný proces vývoje aplikací: objektově orientovaná analýza a návrh prakticky*. Brno, Computer Press.
- Ayesh, A. (2002): *Essential UML fast*. London : Springer.
- Bauchmann, A. P. (1990): *Design and implementation of large spatial databases*. Berlin: Springer-Verlag.
- Bell, M. G. H., Iida, Y. (1997): *Transportation Network Analysis*. Chichester: Wiley.
- Blaha, M., Rumbaugh, J. (2005): *Object-oriented modeling and design with UML*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Břehovský, M., Jedlička, K., Šíma, J. (2003): *Úvod do geografických informačních systémů*. Plzeň, Západočeská univerzita.
- Demel, J (1982): *Teorie grafů*. Praha, Stavební fakulta ČVUT.
- Groff, J. R. (2005): *SQL kompletní průvodce*. Brno: CP Books.
- Halaška, I.; Pokorný J. (2004): *Databázové systémy*. Praha, Elektrotechnická fakulta ČVUT.
- Hernandez, M. (2006): *Návrh databází*. Praha, Grada Publishing, a.s.
- Kanisová, H., Müller, M. (2006): *UML srozumitelně*. Brno, Computer Press.
- Kroha, P. (1990): *Báze dat*. Praha, Elektrotechnická fakulta ČVUT.
- Kroha, P. (1988): *Zpracování dat*. Praha, Elektrotechnická fakulta ČVUT.
- Kolář, J. (2003): *Geografické informační systémy 10*. Praha, ČVUT.
- Kolář, J. (2004): *Teoretická informatika*. Praha, Elektrotechnická fakulta ČVUT.
- Lang, L. (1999): *Transportation GIS*.
- MacDonald, A. (1999): *Building Geodatabases*.
- Miller, H. J., Shaw S. L. (2001): *Geographic Information Systems for Transportation: Principles and Application*.
- Oppel, A. (2006): *Databáze bez předchozích znalostí*. Brno, Computer Press, a.s.
- Pardalos, M. P., Hearn, D. W., Hager, W. W. (1997): *Network Optimization*. Berlin: Springer.
- Písek, S. (2007): *Microsoft Access 2007 Podrobný průvodce*. Grada Publishing, a.s.
- Pokorný, J. (2007): *Databázové systémy 2*. Praha, Elektrotechnická fakulta ČVUT.

Rigaux, P., Scholl, M., Voisard, A. (2002) *Spatial Databases with Application to GIS*. San Francisco: Morgan Kaufmann.

Sedláček, J. (1981): *Úvod do teorie grafů*. Praha, Academia.

Shekhar, S. (2003): *Spatial Databases a Tour*. Upper Saddle River : Prentice Hall.

Shekhar, S. (1999): *Spatial Pictogram Enhanced Conceptual Data Models and Their Translation to Logical Data Models*. Integrated Spatial Databases, pages 77-104.

Šarmanová, J. (2002): *Úvod do databází*. Pedagogická fakulta Ostrava.

Zeiler, M. (2004): *Designing geodatabases: CASE study in GIS data modeling*.

Zeiler, M. (1999): *Modeling our world*.

7.2. Seznam hlavních internetových zdrojů

www.books.google.com

www.esri.com

www.fargeo.com

www.geospatialtraining.com

www.wikipedia.org

7.3. Seznam ostatních zdrojů

Elektronické zdroje ve formátu pdf

Building_Geodatabases_Tutorial.pdf (ESRI)

Building_Geodatabase_with_CASE_Tools (ESRI)

Editing_Geodatabases_Tutorial.pdf (ESRI)

Geoprocessing_in_ArcGIS_Tutorial.pdf (ESRI)

Network_Analyst_Tutorial.pdf (ESRI)

OpenGIS_Simple_Features_Specification_for_SQL.pdf (OGC)

Overcoming_difficulties_in_Building_Your_Geometric_Network.pdf (ESRI)

Using_ArcToolbox.pdf (ESRI)

ESRI online courses

Basics of the Geodatabase Data Model

Creating, Editing, and Managing Geodatabases for ArcGIS Desktop

Using CASE Tools (for ArcEditor and ArcInfo)

8. Seznam použitých zkratk

ADT: Abstract Data Type - Abstraktní datový typ je uživatelem definovaný typ sloužící k vyjádření složitějších datových struktur

ArcSDE: (Spatial Database Engine) je klient/server technologie firmy ESRI pro ukládání a správu prostorových dat v prostředí relačního databázového systému

CASE: (Computer Aided Software Engineering) je skupina nástrojů zaměřených na podporu vývoje informačních systémů

DBMS: (Database Management System) - Systém řízení báze dat je sada programů představující rozhraní mezi databází a aplikačními programy. Slouží k definici, konstrukci a manipulaci s databází.

E-R model: (Entity Relationship Model) je množina pojmů, která umožňuje na konceptuální úrovni abstrakce popsat uživatelskou aplikaci za účelem následné specifikace struktury databáze

EE-R model: (Extended Entity Relationship Model) je konceptuální model rozšiřující E-R model o notaci umožňující definovat nové datové typy.

ERD: (Entity-relationship diagram) je grafická notace popisující objekty a vztahy mezi nimi na konceptuální úrovni prostřednictvím diagramů

ESRI: (Environmental Systems Research Institute) je společnost, která se stala jedním z největších světových producentů GIS

GID: (Geography identifier) je identifikátor sloužící k jednoznačné identifikaci geometrického objektu

GIS: (Geographic information system) je informační systém určený pro správu, manipulaci a ukládání prostorových dat

LOB: (Large objects) je označení pro datový typ blíže nespecifikovaných dat v databázi vyskytujících se ve formě znakových či binárních objektů

NULL (nullus) v databázové terminologii označuje speciální hodnotu uloženou v databázi, která představuje neznámou, blíže nedefinovanou hodnotu

ODL (Object definition Language) je jazyk pro definici objektů v objektově orientovaných databázích

ODMG (Object Data Management Group) je konsorcium vytvářející standardy v oblasti objektově orientovaných a objektově relačních databází

OQL (Object Query Language) je dotazovací jazyk pro objektově-orientované databáze

OGC (Open Geospatial Consortium) je mezinárodní organizace zabývající se vývojem standardů a norem v oblasti geografických informačních systémů

OID (Object Identifier) slouží k deklaraci identity objektu v objektově orientovaných databázových systémech, na základě které se pak konstruují vztahy mezi objekty

OODBMS (Object Oriented Database Management System) je typ postrelačního systému řízení báze dat založeném na objektově orientovaném přístupu k datům

ORDBMS (Object Relational Database Management System) je typ postrelačního systému řízení báze dat založeném na kombinaci zásad relační technologie s objektově orientovaným přístupem k datům

PK (Primary Key) je atribut, případně kombinace atributů jednoznačně identifikující každou entitu relace

RDBMS (Relational Database Management System) je systém řízení báze dat založený na teoretických základech relačního databázového modelu

RDM (Relational database model) je model definující uložení dat v databázi na základě relačních množin

SDBMS (Spatial Database Management System) představuje zvolený postrelační systém řízení báze dat, do kterého je implementován softwarový modul zajišťující management prostorových dat

SQL (Structured Query Language) je standardizovaný dotazovací jazyk používaný pro práci s daty v relačních databázích

SRID (Spatial Reference Identifier) je identifikátor sloužící k jednoznačné identifikaci souřadného systému

UDT (User Defined Type) představuje datový typ definovaný přímo uživatelem

UML (Unified Modeling Language) je grafický jazyk určený pro vizualizaci, specifikaci, navrhování a dokumentaci programových systémů

WKB Geometry (Well-Known Binary Representation of Geometry) reprezentuje formát pro transformaci geometrické složky dat ve formě kódovaného binárního souboru

WKT Geometry (Well-Known Text Representation of Geometry) představuje formát pro transformaci geometrické složky dat do formy textové reprezentace vyjádřené prostřednictvím znaků

XMI (XML Metadata Interchange) je standard pro výměnu metadat prostřednictvím jazyka XML

XML (eXtensible Markup Language) je standardizovaný jazyk umožňující snadné vytváření konkrétních značkovacích jazyků pro různé účely a široké spektrum různých typů dat

9. Seznam obrázků

Obr. 1: Vývoj architektury GIS.....	14
Obr. 2: Vývoj DBMS	14
Obr. 3: Vyjádření vztahů mezi entitními typy v RDM	16
Obr. 4: Proces normalizace dat	17
Obr. 5a: Znázornění struktury objektu	19
Obr. 5b: Zasílání zpráv mezi objekty.....	20
Obr. 6: Geometrický model prostorových dat.....	24
Obr. 7: Schéma uložení objektů do tabulek v prostředí SQL92	25
Obr. 8: Proces modelování databáze	27
Obr. 9: Konceptuální schéma vyjádřené v E-R modelu.....	28
Obr. 10: Schéma uložení prostorové informace v relačním databázovém modelu.....	29
Obr. 11: Souhrn prostorových piktogramů používaných v E-ER modelu	30
Obr. 12: Konceptuální schéma vyjádřené v EE-R modelu	31
Obr. 13: Schéma vyjádřené v UML	32
Obr. 14: Objektový model diagramů	33
Obr. 15: Asociační vztah v ESRI notaci UML	34
Obr. 16: Generalizační vztah ESRI notaci UML	35
Obr. 17: Agregací vztah v ESRI notaci UML.....	36
Obr. 18: Kompoziční vztah v ESRI notaci UML.....	36
Obr. 19: Konkretizační vztah v ESRI notaci UML.....	37
Obr. 20: Reprezentace grafu	38
Obr. 21: Matice incidence orientovaného grafu.....	40
Obr. 22: Matice sousednosti orientovaného grafu	40
Obr. 23: Matice dosažitelnosti orientovaného grafu	41
Obr. 24: Spojová reprezentace grafu.....	42
Obr. 25: Výsledné logické schéma databáze.....	51
Obr. 26: Skript stanovující koeficient zdržení při průjezdem zatáčkou.....	55
Obr. 27: Skript stanovující průjezdnost silničních segmentů.....	56
Obr. 28: Proces přiřazení bodů na linii	58
Obr. 29: Schéma vytvoření bodové třídy míst doručení zásilek	59
Obr. 30: Model vymezující obslužné rajóny přepravním vozidlům	61
Obr. 31: Itinerář tras	69

10. Seznam tabulek

Tab. 1: Kardinalita vztahů v UML	35
Tab. 2: Základní specifikace dat potřebných pro návrh databázového modelu	50
Tab. 3: Generalizované hodnoty maximálně povolených rychlostí v závislosti na typu silnic a modelované koeficienty zdržení	54
Tab. 4: Implementace jednosměrných ulic prostřednictvím atributu ‘Oneway‘	56
Tab. 5: Proces vytvoření soupisky rozvozů.....	68
Tab. 6: Parametry rozvozů	70
Tab. 7: Započítávané charakteristiky a možné aplikace nad vytvořeno geodatabází.....	72

11. Seznam map

Mapa 1: Proces určování sousednosti bodů	60
Mapa 2: Přírůstky iteračních průchodů v závislosti na stanovených parametrech	62
Mapa 3: Proces vymezování obslužných rajónů	63
Mapa 4: Výsledné vymezení obslužných rajónů	64
Mapa 5: Vymezení obslužných rajónů používané ve firmě Toptrans.....	64
Mapa 6: Přehledová mapa míst doručení v závislosti na prvním způsobu vymezení obslužných rajónů (dle kapitoly 4.3.3.).....	66
Mapa 7: Přehledová mapa vymezení časově optimálních tras v závislosti na prvním způsobu vymezení obslužných rajónů (dle kapitoly 4.3.3.).....	66
Mapa 8: Přehledová mapa míst doručení v závislosti na druhém způsobu vymezení obslužných rajónů (dle kapitoly 4.3.4.).....	67
Mapa 9: Přehledová mapa vymezení časově optimálních tras v závislosti na prvním způsobu vymezení obslužných rajónů (dle kapitoly 4.3.4.).....	67

12. Seznam příloh

1) Tabulka zásilek k rozvozu pro městské části Prahy 4, Prahy 11 a Prahy 12	87
2) Tabulka příjemců zásilek	89
3) Tabulka řidičů	91
4) Tabulka vozového parku	91
5) Řidič zprostředkovávající rozvoz v 1. obslužném rajónu dle 1. způsobu vymezení	93
6) Adresy rozvozů zásilek v 1. obslužném rajónu dle 1. způsobu vymezení	93
7) Řidič zprostředkovávající rozvoz v 2. obslužném rajónu dle 1. způsobu vymezení	96
8) Adresy rozvozů zásilek v 2. obslužném rajónu dle 1. způsobu vymezení	96
9) Řidič zprostředkovávající rozvoz v 3. obslužném rajónu dle 1. způsobu vymezení	98
10) Adresy rozvozů zásilek v 3. obslužném rajónu dle 1. způsobu vymezení	98
11) Řidič zprostředkovávající rozvoz v 1. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení	100
12) Adresy rozvozů zásilek v 1. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení	100
13) Řidič zprostředkovávající rozvoz v 2. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení	102
14) Adresy rozvozů zásilek v 2. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení	102
15) Řidič zprostředkovávající rozvoz ve 3. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení	104
16) Adresy rozvozů zásilek ve 3. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení	104
17) Řidič zprostředkovávající rozvoz ve 4. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení	106
18) Adresy rozvozů zásilek ve 4. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení	106
19) Řidič zprostředkovávající rozvoz v 5. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení	108
20) Adresy rozvozů zásilek v 5. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení	108

Mapy

Časově optimální trasa v 1. obslužném rajónu dle prvního způsobu vymezení	92
Časově optimální trasa ve 2. obslužném rajónu dle prvního způsobu vymezení	95
Časově optimální trasa ve 3. obslužném rajónu dle prvního způsobu vymezení	97
Časově optimální trasa v 1. obslužném rajónu dle druhého způsobu vymezení	99
Časově optimální trasa ve 2. obslužném rajónu dle druhého způsobu vymezení	101
Časově optimální trasa ve 3. obslužném rajónu dle druhého způsobu vymezení	103

Časově optimální trasa ve 4. obslužném rajónu dle druhého způsobu vymezení.....	105
Časově optimální trasa v 5. obslužném rajónu dle druhého způsobu vymezení.....	107

Vysvětlivky:

1. *způsob vymezení*: vymezení obslužných rajónů přepravním vozidlům zpracovaného
na základě maximálního vytížení přepravních vozidel
2. *způsob vymezení*: vymezení stálých obslužných rajónů na základě podkladových dat firmy
Toptrans

Příloha

1) Tabulka zásilek k rozvozu pro městské části Prahy 4, Prahy 11 a Prahy 12

OBJEC TID	ID_ZAS	HMOT NOST	ROZM ER	KS	TERM IN_D OR	OBAL	CEN A	DOB IRK A_C E	POZNAMKA	POP IS	ID_Z AK	ID_ADR	ID_MC	ID_UL	ID_R ID	ID_R ID_2 ZP
1	1	10,00	0,20	2	18	KAR	192	0			1	21903239	72775	293007	1	3
2	2	0,50	0,12	1	18	KAR	111	0			2	21950776	72816	288905	1	3
3	3	3,60	0,12	2	18	KAR	111	0			2	21950776	72816	288905	1	3
4	4	15,00	0,20	2	18	KAR	165	0			3	21861323	72759	713932	4	3
5	5	36,00	0,40	4	18	KAR	348	0			4	25583697	72775	765870	1	3
6	6	51,80	0,60	3	18	KAR	444	0			5	21903239	72775	293007	1	3
7	7	2,00	0,12	1	18	KAR	111	100	Dobirka		6	21905720	72775	706436	1	1
8	8	7,65	0,20	3	18	KAR	165	0			7	21942552	72816	288107	1	1
9	9	2,00	0,12	1	18	KAR	111	0			7	21942552	72816	288107	1	1
10	10	52,00	0,60	13	18	KAR	609	0			8	21905690	72775	870402	1	3
11	11	2,00	0,12	2	18	KAR	111	0			9	22767401	72775	713945	1	1
12	12	9,00	0,20	1	18	KAR	165	0			10	22767401	72775	713945	1	1
13	13	5,00	0,12	1	18	KAR	111	0			11	21904570	72775	289551	1	1
14	14	0,50	0,01	1	18	XTAS	56	0			12	21863407	72759	297497	4	1
15	15	0,50	0,01	1	18	XTAS	63	0	Krehke zbozi		13	21949999	72816	287554	1	3
16	16	4,00	0,12	2	18	KAR	111	0			14	21909270	72775	291185	1	1
17	17	0,10	0,01	1	18	XOB	56	0			15	22693785	72816	287688	1	1
18	18	7,00	0,20	1	18	KAR	165	0			16	21908613	72775	292450	1	1
19	19	8,00	0,20	2	18	KAR	165	0			17	21863130	72759	714093	4	3
20	20	6,70	0,20	2	18	KAR	165	0			18	21952051	72816	287548	1	1
21	21	6,00	0,20	6	18	KAR	165	0			18	21952051	72816	287548	1	1
22	22	0,15	0,12	1	18	KAR	111	0			18	21952051	72816	287548	1	1
23	23	2,20	0,12	1	18	KAR	111	0			19	21951276	72816	289581	1	1
24	24	42,00	0,40	6	18	KAR	348	0			20	21914354	72775	292040	1	3
25	25	2,65	0,12	2	18	KAR	111	0			21	21905894	72775	291828	1	1
26	26	0,60	0,12	1	18	KAR	111	0			21	21905894	72775	291828	1	1
27	27	0,20	0,01	1	18	BAL	56	100	Dobirka		22	21912441	72775	1381028	1	1
28	28	2,00	0,12	1	18	KAR	111	0			23	21908681	72775	292450	1	1
29	29	0,50	0,12	1	18	KAR	111	0			23	21908681	72775	292450	1	1
30	30	11,00	0,20	1	18	KAR	192	0			24	21822361	72785	301299	3	3
31	31	20,00	0,30	1	18	KAR	340	0	Krehke zbozi		25	21935815	72861	307797	3	2
32	32	10,00	0,20	2	18	KAR	165	0			26	21915504	72861	309708	3	2
33	33	2,00	0,12	1	18	KAR	111	0			27	21923175	72861	307100	3	2
34	34	15,00	0,20	1	18	KAR	165	0			28	25782070	72861	304787	3	2
35	35	5,20	0,30	2	18	KAR	165	0			28	25782070	72861	304787	3	2
36	36	0,50	0,12	1	18	KAR	111	0			28	25782070	72861	304787	3	2
37	37	0,10	0,12	1	18	KAR	111	0			28	25782070	72861	304787	3	2
38	38	4,00	0,12	2	18	KAR	111	0			29	21813108	72787	302873	2	3
39	39	2,42	0,12	1	18	KAR	111	0			29	21813108	72787	302873	2	3
40	40	104,00	1,20	1	18	KAR	710	0			30	21854521	72839	310154	4	2
41	41	0,50	0,01	1	18	KAR	79	0			31	25782070	72861	304787	3	2
42	42	67,00	0,60	1	18	KAR	444	0			32	21932549	72861	307100	3	2
43	43	35,00	0,40	2	18	KAR	348	0			33	21823081	72785	303705	3	3
44	44	5,20	0,20	1	18	KAR	165	0			34	21852502	72843	305730	3	2
45	45	0,40	0,01	1	18	KAR	56	0			35	21852626	72843	305053	3	2
46	46	5,00	0,12	1	18	KAR	111	100	Dobirka		36	21822701	72785	302777	3	3
47	47	0,40	0,01	1	18	KAR	56	0			37	21808589	72787	301923	2	3
48	48	23,00	0,30	4	18	KAR	304	0			38	21854645	72843	306108	3	2
49	49	43,73	0,40	1	18	KAR	348	100	Dobirka		39	21854211	72843	304636	3	2
50	50	5,00	0,12	1	18	KAR	157	0			40	21855005	72843	305757	3	2
51	51	6,00	0,20	1	18	KAR	192	0			41	21812250	72787	301149	2	3
52	52	3,90	0,12	1	18	KAR	111	0			42	24991597	72843	304860	3	2
53	53	36,00	0,40	1	18	PAL	472	0			43	24991597	72843	304860	3	2
54	54	8,00	0,20	1	18	KAR	165	0			44	22730532	72861	306476	3	2
55	55	13,00	0,20	6	18	KAR	192	0			45	21824118	72785	301251	3	3
56	56	9,80	0,20	3	18	KAR	165	0			46	22704302	72861	309277	3	2
57	57	5,00	0,12	1	18	KAR	111	0	Krehke zbozi		46	22704302	72861	309277	3	1
58	58	1,00	0,12	1	18	KAR	157	0			47	21852553	72843	305286	3	2
59	59	5,00	0,12	1	18	KAR	111	0			48	25782070	72861	304787	3	2
60	60	49,00	0,40	2	18	KAR	348	0			49	25643142	72785	301588	3	3

61	61	0,50	0,12	1	18	KAR	111	0			50	21899258	72839	310916	4	1
62	62	0,51	0,12	1	18	KAR	111	0			50	21899258	72839	310916	4	1
63	63	6,18	0,20	2	18	KAR	165	0			50	21899258	72839	310916	4	1
64	64	0,20	0,01	1	18	KAR	63	0			51	21889767	72807	302042	3	1
65	65	16,00	0,30	2	12	KAR	258	0			52	21895317	72839	739716	4	2
66	66	35,00	0,40	1	18	PAL	348	0	Krehke zbozi. Doklady jsou uvnitř zasilky		53	21892814	72843	305797	3	2
67	67	50,00	0,40	1	18	PAL	418	0			54	21892814	72843	305797	3	2
68	68	0,50	0,01	1	18	XOB	56	0			55	21897859	72839	307290	4	1
69	69	70,00	0,60	1	18	KAR	539	0			56	21892814	72843	305797	3	2
70	70	19,00	0,30	1	18	KAR	340	0	Krehke zbozi		57	21892814	72843	305797	3	2
71	71	135,00	1,20	28	18	KAR	710	0			58	21892814	72843	305797	3	2
72	72	15,00	0,20	1	18	KAR	210	0			59	21895708	72839	309187	4	1
73	73	18,00	0,30	2	18	KAR	258	0			60	21883114	72831	309007	4	1
74	74	18,48	0,30	2	18	KAR	258	100	Dobirka		61	21896020	72839	310155	4	2
75	75	43,73	0,40	1	18	KAR	348	100	Dobirka		61	21896020	72839	310155	4	2
76	76	38,42	0,40	2	18	KAR	348	0			62	21901902	72839	309697	4	2
77	77	5,00	0,12	1	18	ROL	111	0			63	25435744	72831	309007	4	1
78	78	2,00	0,12	1	18	KAR	111	0			64	22706763	72822	301141	5	1
79	79	15,00	0,20	1	18	BAL	192	100	Dobirka		65	21835161	72822	303250	5	1
80	80	11,00	0,20	1	18	KAR	165	0			66	25760599	72775	298760	1	1
81	81	0,50	0,01	1	18	XOB	56	0			67	21844194	72822	305015	5	1
82	82	0,50	0,01	1	18	XOB	56	0			67	21844194	72822	305015	5	1
83	83	0,50	0,01	1	18	XOB	56	0			67	21844194	72822	305015	5	1
84	84	0,50	0,01	1	18	XOB	56	0			67	21844194	72822	305015	5	1
85	85	15,00	0,20	1	18	PAL	192	0			68	22739807	72822	1278069	5	1
86	86	10,00	0,20	2	18	KAR	210	0			69	22739807	72822	1278069	5	1
87	87	21,00	0,30	1	18	KAR	340	0	Pri nedodržení uctujeme sankci		70	22739807	72822	1278069	5	1
88	88	20,20	0,30	3	18	KAR	258	0			71	21818436	72823	301427	5	1
89	89	0,60	0,12	1	18	KAR	111	0			71	21818436	72823	301427	5	1
90	90	0,60	0,12	1	18	KAR	111	0			71	21818436	72823	301427	5	1
91	91	0,80	0,12	1	18	KAR	111	0			71	21818436	72823	301427	5	1
92	92	14,00	0,12	1	18	KAR	111	0			97	21818436	72823	301427	5	1
93	93	13,00	0,20	1	18	KAR	165	0			72	25753771	72822	765843	5	1
94	94	56,00	0,60	2	18	KUS	444	100	Dobirka		73	21838470	72822	299674	5	1
95	95	55,00	0,60	1	18	PAL	444	0			74	21875600	72831	308484	4	1
96	96	1,61	0,12	1	18	KAR	111	0	Krehke zbozi		75	21878382	72831	307105	4	1
97	97	0,40	0,01	1	18	KAR	56	0			76	25245571	72822	756455	5	1
98	98	16,00	0,30	1	18	KUS	258	0			78	21847797	72822	301805	5	1
99	99	11,00	0,20	2	18	KAR	165	0			79	22752269	72775	298760	1	1
100	100	2,00	0,12	1	18	KAR	111	0			80	21838577	72822	304480	5	1
101	101	0,20	0,01	1	18	XOB	56	0			81	21842434	72822	299843	5	1
102	102	5,00	0,12	1	18	KAR	111	0			82	22756761	72831	756424	4	1
103	103	0,30	0,12	1	18	KAR	111	0			83	22756761	72831	756424	4	1
104	104	1,30	0,12	1	18	KAR	111	0	Pavilon H		84	21878382	72831	307105	4	1
105	105	30,00	0,30	1	18	KAR	340	0			85	22734317	72775	293809	1	1
106	106	0,80	0,12	1	18	KAR	111	0			86	21884862	72831	306585	4	1
107	107	0,10	0,12	1	18	KAR	111	0			86	21884862	72831	306585	4	1
108	108	0,20	0,12	1	18	KAR	111	0			86	21884862	72831	306585	4	1
109	109	0,50	0,12	1	18	KAR	56	0			87	21994307	73211	292653	5	1
110	110	16,00	0,30	1	18	KUS	258	100	Dobirka		88	21845026	72822	870370	5	1
111	111	1,00	0,12	2	18	KUS	170	0			89	21981493	73211	295044	5	1
112	112	1,00	0,12	1	18	KAR	111	0			90	25052071	77399	306777	5	1
113	113	12,00	0,20	1	12	KAR	165	0			91	21847797	72822	301805	5	1
114	114	1,00	0,12	1	18	BAL	111	0			92	21847797	72822	301805	5	1
115	115	12,00	0,20	1	18	KAR	165	0	Budova T- Mobile		93	21847011	72822	822347	5	1
116	116	0,15	0,12	1	18	KAR	111	0			94	21997098	73211	714089	5	1
117	117	50,00	0,40	1	18	KAR	348	0			95	21847797	72822	301805	5	1
118	118	0,10	0,01	1	12	XOB	84	0			96	21847797	72822	301805	5	1
119	119	0,90	0,12	1	18	KAR	111	0			98	21966028	72815	294383	2	3
120	120	0,50	0,12	1	18	KAR	111	0			99	21869481	72759	713978	4	3
121	121	0,80	0,12	1	18	KAR	111	0			99	21869481	72759	713978	4	3
122	122	0,50	0,01	1	18	XOB	56	0			100	21874123	72759	756557	4	1
123	123	0,50	0,01	1	18	XOB	56	0			101	21906599	72775	290480	1	1
124	124	5,00	0,12	3	18	KUS	157	0			102	21953864	72816	291336	1	3
125	125	1,10	0,12	1	18	KAR	111	0			103	21966401	72815	294393	2	3
126	126	10,00	0,20	2	18	KAR	165	0			104	21968063	72815	286826	2	3
127	127	30,00	0,30	1	18	KAR	258	0			105	25185799	72816	291670	1	3

128	128	8,00	0,20	1	18	BAL	192	0			106	21812721	72787	296257	4	3
129	129	25,00	0,30	2	18	KAR	304	0			107	26157527	72759	300453	4	1
130	130	8,20	0,20	1	18	KUS	165	0			108	21963142	72815	292837	2	3
131	131	8,10	0,20	4	18	KAR	165	0			109	21946485	72816	291450	1	3
132	132	5,00	0,12	1	18	KAR	157	0			110	21874123	72759	756557	4	1
133	133	36,00	0,40	6	18	KAR	348	0	Krehke zboží		111	21797382	72787	296441	2	3
134	134	0,10	0,12	1	18	KAR	111	0			112	21864756	72759	299167	4	1
135	135	5,00	0,12	1	18	KAR	111	0			113	21967512	72815	713975	2	3
136	136	9,70	0,20	1	18	KAR	165	100	Dobirka		114	21861536	72759	1276778	4	1
137	137	34,00	0,40	1	18	KUS	348	100	Dobirka		115	21909938	72775	294398	1	1
138	138	3,00	0,12	1	18	KAR	127	0			116	22700587	72815	286746	2	3
139	139	3,00	0,12	1	18	KAR	111	0			117	21904791	72775	713908	1	3
140	140	0,50	0,01	1	18	XOB	56	0			118	21859051	72759	296412	4	3
141	141	0,40	0,01	1	18	KUS	56	0			119	21798125	72787	295554	2	3
142	142	2,50	0,12	1	18	KUS	111	100	Dobirka		120	21961751	72815	289780	2	3
143	143	40,00	0,40	3	18	KAR	348	0			121	21860581	72759	714138	4	3
144	144	1,00	0,12	1	18	KAR	111	0			122	21863156	72759	295767	4	1
145	145	14,10	0,20	4	18	KAR	165	0			123	25361783	72759	296675	4	3
146	146	20,00	0,30	5	18	KAR	258	0			123	25361783	72759	296675	4	3
147	147	13,80	0,20	2	18	KAR	165	0			124	21911398	72775	295698	1	1
148	148	5,00	0,12	1	18	KAR	111	0			125	21966401	72815	294393	2	3
149	149	11,00	0,20	1	18	KUS	165	0			126	21859191	72759	299354	4	3
150	150	20,00	0,30	1	18	KUS	340	0			127	21967229	72815	713921	2	3
151	151	8,99	0,20	2	18	KAR	165	0			128	21867461	72759	295803	4	3
152	152	4,00	0,12	1	18	KAR	111	100	Dobirka		129	21943575	72816	288766	1	3
153	153	3,15	0,20	1	18	KAR	111	0			130	21959862	72815	293159	2	3
154	154	1,00	0,12	1	18	KUS	111	0			131	21862818	72759	713970	4	3

zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

2) Tabulka příjemců zásilek

OBJECTID	ID_ZAK	PRIJEMCE	OBJEDNAVATEL	TEL	TYP_ZAK
1	1	AB Centrum mody	Snezka		F
2	2	Anacomp	Tech Data		F
3	3	CDR	Rosler		F
4	4	CEZ	CEZ Data		F
5	5	Damovo CR	Tech Data		F
6	6	Damovo CR	Inovation		F
7	7	Dateco	Tech Data		F
8	8	Grundfos	Grundfos		F
9	9	Hewlett Packard	Hewlett Packard		F
10	10	Hewlett Packard	Abcom		F
11	11	Stemberk	Schneider		F
12	12	Kaplan J.	Toptrans		FO
13	13	Luminex	Halla		F
14	14	Dvorak M.	Tech Data		FO
15	15	Media	Media		F
16	16	Mikosoft	Husqarna		F
17	17	Pompo	Sunce		F
18	18	Regula	Tech Data		F
19	19	RKL	Tech Data		F
20	20	Strom B-Systems	Complex		F
21	21	SYS	Tech Data		F
22	22	Vyzbrojna pozarni ochrany	Happy End		F
23	23	24U	Tech Data		F
24	24	Aqua Centrum	Tech Final		F
25	25	Autosklo TS	AGC		F
26	26	Bike Expert	Bike Expert		F
27	27	Biophys	Merck		F
28	28	C System	Tech Data		F
29	29	Central Europe Distribution	Tech Data		F
30	30	Hydrometerologicky ustav	Merck		F
31	31	Cesky Servis	Brother International		F
32	32	Tausinger D.	Internet Mall		FO

33	33	Domidio	RM Gastr	F
34	34	Vlkova J.	Sanoma Magazines	FO
35	35	Vondruskova J.	Bauer Media	FO
36	36	Cihelna K.	Internet Mall	FO
37	37	Kovarova L.	Bauer Media	FO
38	38	Materska skola	Biogena	F
39	39	Peroutka M.	Netretail	FO
40	40	Noves Okna	Alurex	F
41	41	Osvetlovaci technika	Osvetlovaci technika	F
42	42	Polovodice a.s.	P-Lab AS	F
43	43	Polovodice a.s.	Alfun a.s.	F
44	44	Rossmann	Coty CR	F
45	45	Skolni jidelna	Biogena	F
46	46	SunTech Computer	Tech Data	F
47	47	Tamar Holding	Cesky Servis	F
48	48	TD Servisni stredisko	FS Codes	F
49	49	TST Servis	Rehak J.	F
50	50	Bit Servis	Tech Data	F
51	51	Elsanta	Xercom	F
52	52	Intergast Praha	Xintex	F
53	53	Kutil KS	Lucerna a.s.	F
54	54	Kutil KS	Eglo	F
55	55	Marimex	Toptrans	F
56	56	OBI Modrany	Unicore	F
57	57	OBI Modrany	Envi	F
58	58	OBI Modrany	Mikawi	F
59	59	Prointerier	Decospan	F
60	60	Rexel	Kopos	F
61	61	Truhlarstvi Taubner	Netretail	F
62	62	Vzorkovna Dova	Schneider Bohemia	F
63	63	Zakladani staveb a.s.	Euro Sitex	F
64	64	Addex	Rosler	F
65	65	Afriso	Ptacek - Velkoobchod	F
66	66	Rekant	Tech Data	F
67	67	Braun Medical	Toptrans	F
68	68	Baumax	Eglo	F
69	69	Baumax	Tente	F
70	70	Baumax	Raf Armatury	F
71	71	Czech Computer	Tech Data	F
72	72	Daimler-Chrysler Automotive Bohemia	Cheops	F
73	73	Zarikova E.	Internet Mall	FO
74	74	Femax Trading	Tesco Stores	F
75	75	FNSP	Erilens	F
76	76	Fotolab AS	Setos	F
78	78	Glenfield	Texart	F
79	79	IT Technik	Tech Data	F
80	80	Pribyl J.	Tech Data	FO
81	81	Pekny J.	Stepanek Autoba	FO
82	82	Konsigna Handel	Asys	F
83	83	Konsigna Handel	Tech Data	F
84	84	Lekarna FTN	P-Lab AS	F
85	85	Bluma M.	GRM System	FO
86	86	Mironet	Tech Data	F
87	87	Hedvik P.	Englmayer	FO
88	88	Polesna H.	Netretail	F
89	89	Right Service Everytime	Right Service Everytime	F
90	90	RLC	Tech Data	F
91	91	Sephora	PG Prestige	F
92	92	Technology Park	2N Telekomunikace	F
93	93	T-Systems	Hewlett Packard	F
94	94	Unismini sluzby	Tech Data	F
95	95	Victory Chodov	Rosler	F
96	96	Vodafone-Centrum Chodov	Wellen	F
97	97	Czech Computer	VSP Data	F
98	98	AB Studio	Tech Data	F
99	99	ABI	Tech Data	F
100	100	ABL	Toptrans	F
101	101	Alef Distribution	Toptrans	F
102	102	Cmochova M.	Svet Elektra	FO
103	103	Empo	Tech Data	F

104	104	Epoxy Holding	Tech Data	F
105	105	Expert Partner	Tech Data	F
106	106	Galika	První brněnská strojírna Velká Bites	F
107	107	Green Swan Pharmaceuticals	Bauch Navrátil	F
108	108	Budilova H.	Sanoma Magazines	FO
109	109	ICZ	Tech Data	F
110	110	ISS Facility Services	Cleanfix	F
111	111	Klimaspol Mastell	Proclima Svamp	F
112	112	KTS	Tech Data	F
113	113	Kvel	Englmayer	F
114	114	Lexum	Tech Data	F
115	115	Holding G+A	Internet Mall	F
116	116	Marine	Marine	F
117	117	Mezankova E.	Merck	FO
118	118	PCS	Toptrans	F
119	119	Evechova P.	Bauer Media	FO
120	120	Ruzickova P.	Lorenzi Group	FO
121	121	Pregis	Complex	F
122	122	QT Studio	Tech Data	F
123	123	Quarcom	Tech Data	F
124	124	Rosch	Setos	F
125	125	Servisní středisko Hewlett Packard	Agen Computer	F
126	126	Skanska	Hilti OS	F
127	127	Sky Walter Group	Jandek P.	F
128	128	Suma	Tech Data	F
129	129	THL Techall	Agen Computer	F
130	130	T-Systems	T-Systems	F
131	131	Kolinsky V.	Eschenbach Optik	FO

zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

3) Tabulka řidičů

OBJECTID	ID_RID	JMENO	PRIJMENI	TEL
1	1	Tomas	Vobil	605296478
2	2	Ivan	Metlicka	777115965
3	3	Petr	Handa	775523741
4	4	Jan	Tomansky	602197356
5	5	Lukas	Plechota	603529731

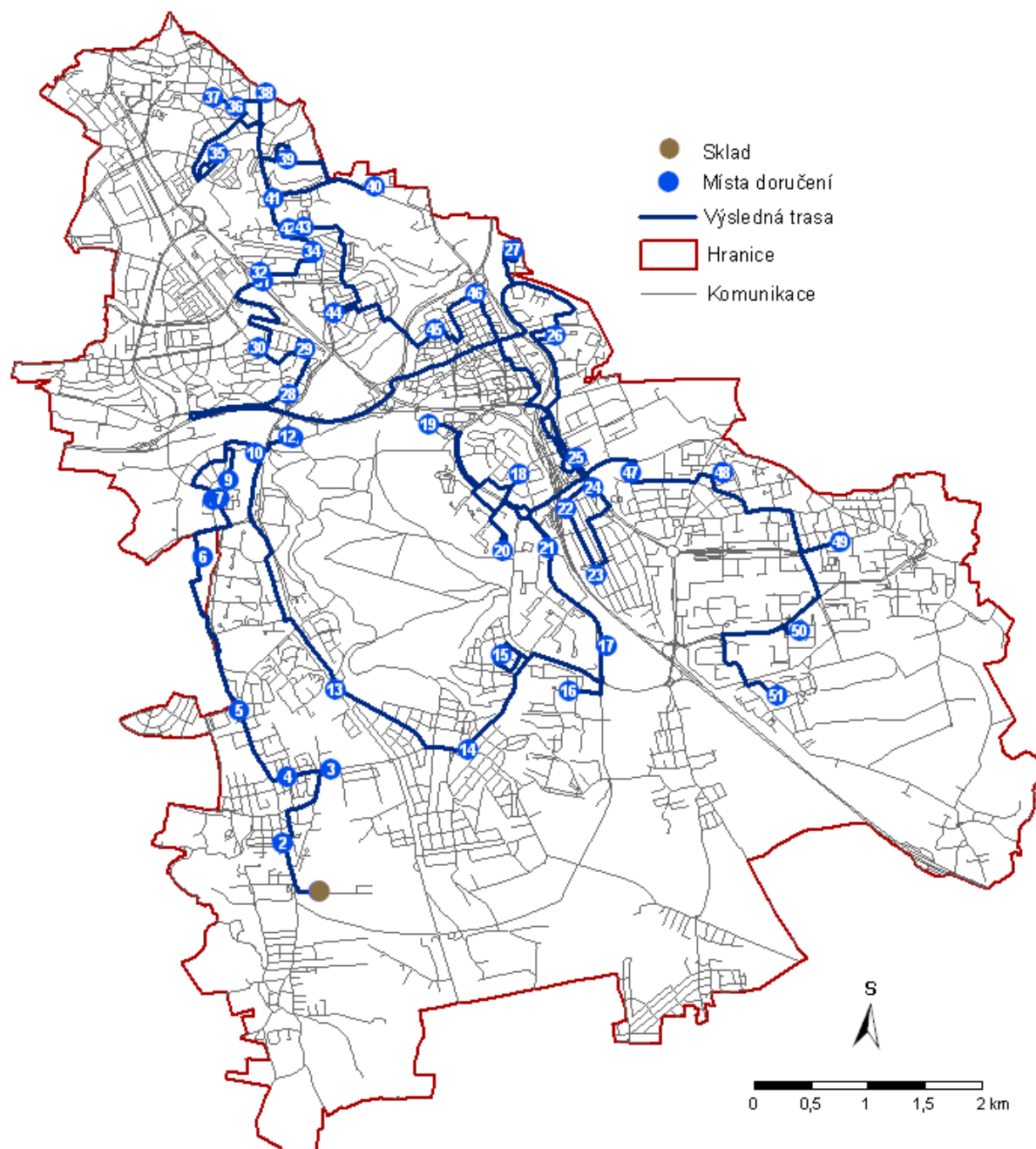
zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

4) Tabulka vozového parku

OBJECTID	ID_AU	ZNACKA	TYP	NOSNOST	ID_RID	LOZNY_OBC	LOZNY_OBP	POPIS
1	5A71111	Iveco Daily	Dodavka	1500	1	11,5	3,3x1,8x1,9	5 palet
2	3A22222	Ford Transit	Dodavka	1300	2	9,2	3,3x1,6x1,75	4 palety
3	6A33333	Fiat Ducato	Dodavka	1260	3	9,3	2,8x1,8x1,86	4 palety
4	1A34444	Renault Master	Dodavka	1150	4	10,5	3,25x1,8x1,8	4 palety
5	2A95555	Renault Master	Dodavka	1150	5	10,5	3,25x1,8x1,8	4 palety

zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

Časově optimální trasa v 1. obslužném rajónu dle prvního způsobu vymezení



zdroj: vlastní zpracování, data CEDA

5) Řidič zprostředkovávající rozvoz v 1. obslužném rajónu dle 1. způsobu vymezení

JMENO	PRIJMENI	ZNACKA	NOSNOST	LOZNY_OBC
Tomas	Vobil	Iveco Daily	1500,00	11,50

zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

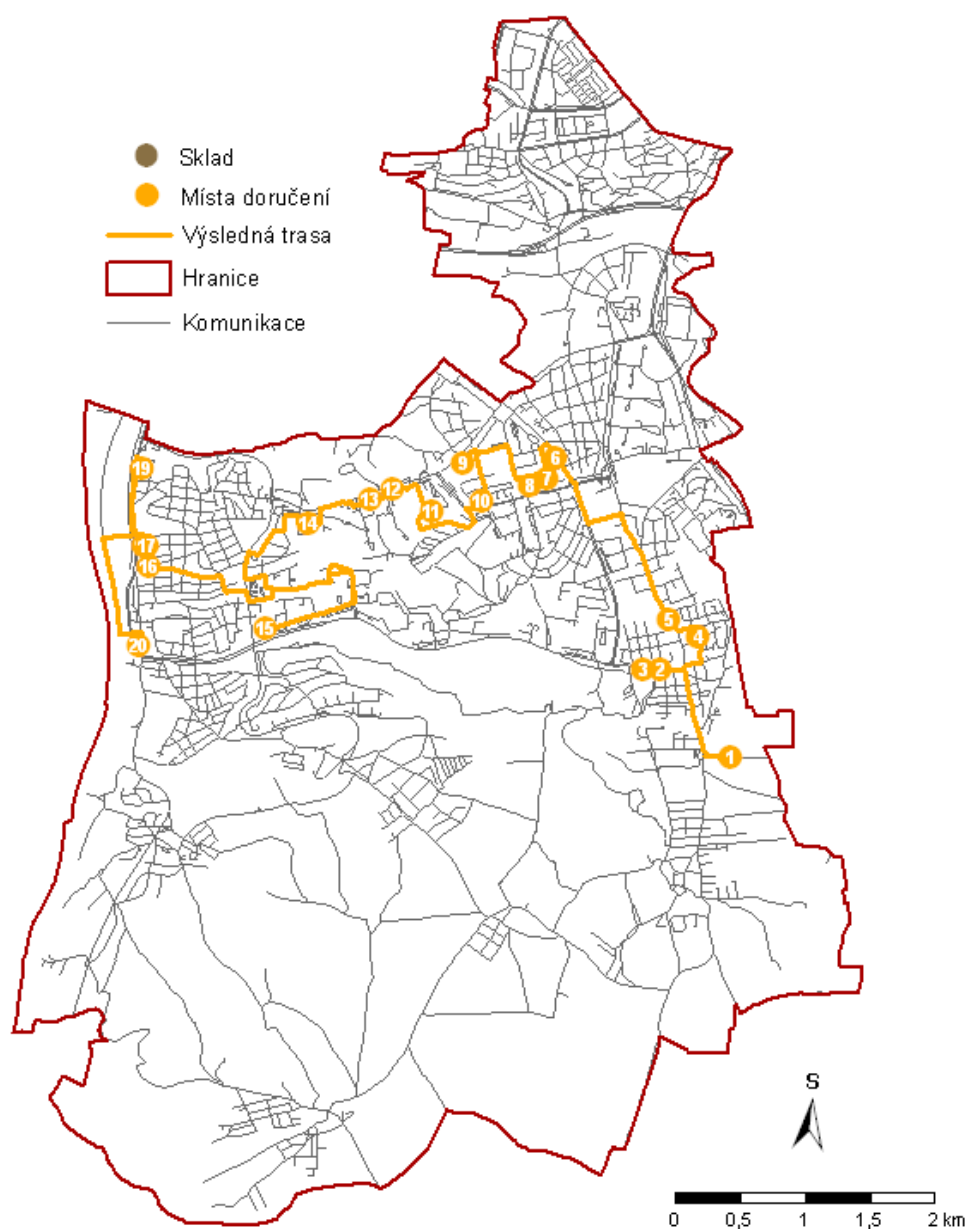
6) Adresy rozvozů zásilek v 1. obslužném rajónu dle 1. způsobu vymezení

TERMIN_DOR	PRIJEMCE	ULICE	CP	ID_ZAS	HMOTNOST	ROZMER
18	24U	Michelská	722	28	2,00	0,12
18	24U	Michelská	722	29	0,50	0,12
18	ABL	Pod višňovkou	1662	122	0,50	0,01
18	Addex	Zakouřilova	1169	78	2,00	0,12
18	Afriso	Zakouřilova	839	79	15,00	0,20
18	Alef Distribution	U plynárny	500	123	0,50	0,01
18	Baumax	Türkova	1272	87	21,00	0,30
18	Baumax	Türkova	1272	86	10,00	0,20
18	Baumax	Türkova	1272	85	15,00	0,20
18	Bit Servis	Libušská	340	62	0,51	0,12
18	Bit Servis	Libušská	340	63	6,18	0,20
18	Bit Servis	Libušská	340	61	0,50	0,12
18	Bluma M.	Kremnická	1401	105	30,00	0,30
18	Braun Medical	Cigánkova	1861	84	0,50	0,01
18	Braun Medical	Cigánkova	1861	81	0,50	0,01
18	Braun Medical	Cigánkova	1861	82	0,50	0,01
18	Braun Medical	Cigánkova	1861	83	0,50	0,01
18	Czech Computer	Hviezdoslavova	509	92	14,00	0,12
18	Czech Computer	Hviezdoslavova	509	89	0,60	0,12
18	Czech Computer	Hviezdoslavova	509	88	20,20	0,30
18	Czech Computer	Hviezdoslavova	509	90	0,60	0,12
18	Czech Computer	Hviezdoslavova	509	91	0,80	0,12
18	Daimler-Chrysler Automotive Bohemia	Daimlerova	2296	93	13,00	0,20
18	Damovo CR	U michelské školy	398	7	2,00	0,12
18	Dateco	Nuselská	210	9	2,00	0,12
18	Dateco	Nuselská	210	8	7,65	0,20
18	Dvorak M.	Michelská	792	16	4,00	0,12
18	Elsanta	Na Větrově	83	64	0,20	0,01
18	Femax Trading	nám. Prezidenta Masaryka	14	95	55,00	0,60
18	FNSP	Vídeňská	296	96	1,61	0,12
18	Fotolab AS	Kloknerova	2278	97	0,40	0,01
18	Glenfield	Rožtylská	2232	98	16,00	0,30
18	Green Swan Pharmaceuticals	Pod višňovkou	1662	129	25,00	0,30
18	Hedvik P.	U mlýna	2326	109	0,50	0,12
18	Hewlet Packard	Vyskočilova	1410	12	9,00	0,20
18	Hewlet Packard	Vyskočilova	1410	11	2,00	0,12
18	Holding G+A	Na dědinách	869	137	34,00	0,40
18	ISS Facility Services	Pod višňovkou	1662	132	5,00	0,12
18	IT Technik	U Michelského lesa	222	99	11,00	0,20
18	Kaplan J.	Budějovická	598	14	0,50	0,01
18	Konsigna Handel	Jana Růžičky	1162	103	0,30	0,12
18	Konsigna Handel	Jana Růžičky	1162	102	5,00	0,12
18	KTS	U krčského nádraží	748	134	0,10	0,12
18	Lekarna FTN	Vídeňská	296	104	1,30	0,12
18	Lexum	U Společenské zahrady	389	136	9,70	0,20
18	Marimex	Libušská	234	68	0,50	0,01
18	Media	Svatoslavova	1656	17	0,10	0,01
18	Mikosoft	Michelská	715	18	7,00	0,20
18	Mironet	Ekonomická	954	106	0,80	0,12

18	Mironet	Ekonomická	954	107	0,10	0,12
18	Mironet	Ekonomická	954	108	0,20	0,12
18	Pekny J.	Benkova	1687	101	0,20	0,01
18	Polesna H.	Petýrkova	1944	110	16,00	0,30
18	Pribyl J.	Doubravická	1306	100	2,00	0,12
18	Prointerier	Dobronická	58	72	15,00	0,20
18	QT Studio	Hornokrčská	561	144	1,00	0,12
18	Regula	Bartošková	1411	21	6,00	0,20
18	Regula	Bartošková	1411	22	0,15	0,12
18	Regula	Bartošková	1411	20	6,70	0,20
18	Rekant	U Michelského lesa	1457	80	11,00	0,20
18	Rexel	Dobronická	778	73	18,00	0,30
18	Right Service Everytime	Severozápadní I	285	111	1,00	0,12
18	RKL	Družstevní ochoz	1335	23	2,20	0,12
18	RLC	Vodnická	335	112	1,00	0,12
18	Rosch	Sedlčanská	1044	147	13,80	0,20
12	Sephora	Roztylská	2232	113	12,00	0,20
18	Stemberk	Děkanská	248	13	5,00	0,12
18	SunTech Computer	Sofijské nám.	3400	57	5,00	0,12
18	SYS	Ohradní	420	26	0,60	0,12
18	SYS	Ohradní	420	25	2,65	0,12
18	Technology Park	Roztylská	2232	114	1,00	0,12
18	T-Systems	Tomíčková	2144	115	12,00	0,20
18	Unismini služby	Bělčická	2922	116	0,15	0,12
18	Victory Chodov	Roztylská	2232	117	50,00	0,40
12	Vodafone-Centrum Chodov	Roztylská	2232	118	0,10	0,01
18	Vyzbrojna požární ochrany	Ohradní	1166	27	0,20	0,01
18	Zakladani staveb a.s.	Dobronická	1371	77	5,00	0,12
18	Zarikova E.	Pištěkova	1155	94	56,00	0,60

zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

Časově optimální trasa ve 2. obslužném rajónu dle prvního způsobu vymezení



zdroj: vlastní zpracování, data CEDA

7) Řidič zprostředkovávající rozvoz v 2. obslužném rajónu dle 1. způsobu vymezení

JMENO	PRIJMENI	ZNACKA	NOSNOST	LOZNY_OBC
Jan	Tomansky	Renault Master	1150,00	10,50

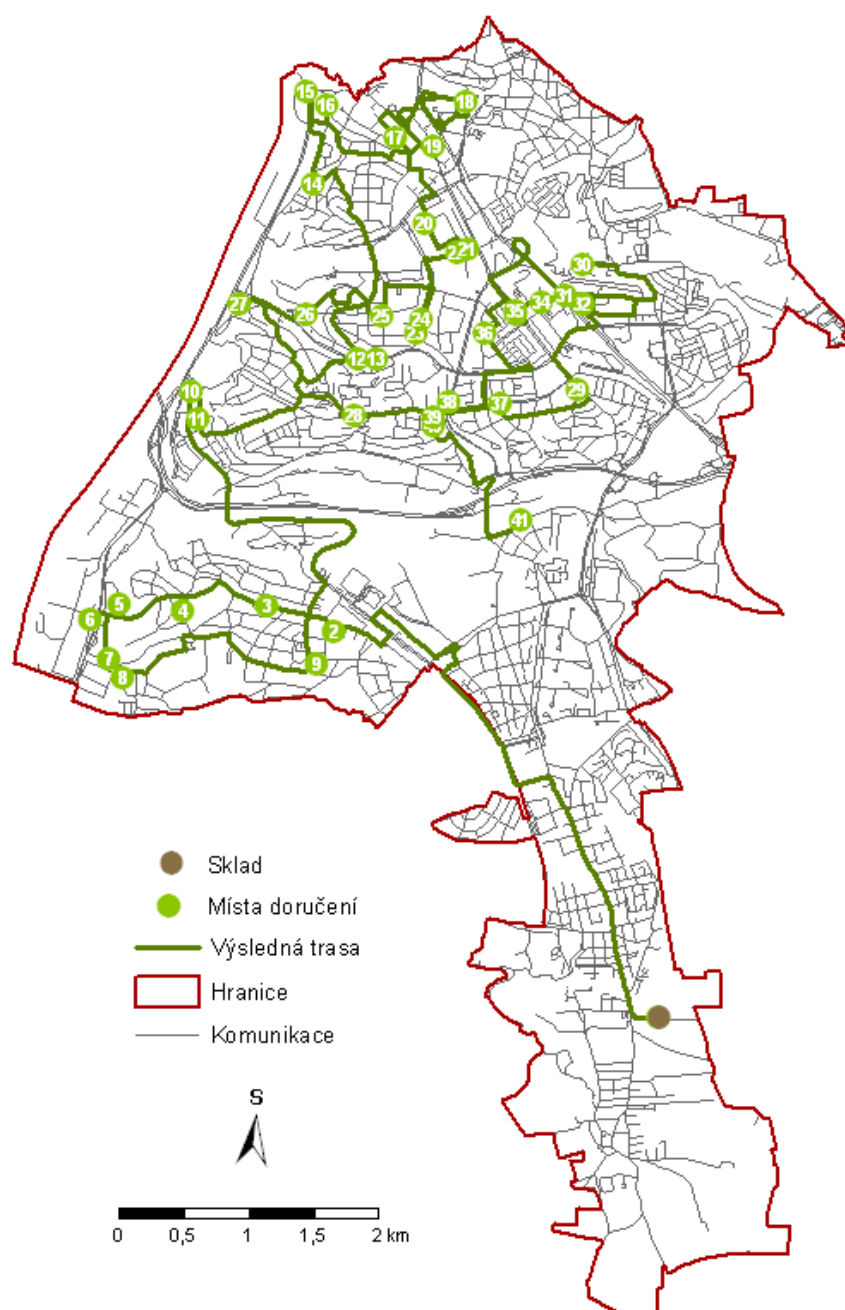
zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

8) Adresy rozvozů zásilek v 2. obslužném rajónu dle 1. způsobu vymezení

TERMIN_DOR	PRIJEMCE	ULICE	CP	ID_ZAS	HMOTNOST	ROZMER
18	Autosklo TS	Darwinova	1808	31	20,00	0,30
18	Bike Expert	Komořanská	91	32	10,0	0,2
18	Biophys	Převoznická	738	33	2,0	0,1
18	C System	Barrandova	409	34	15,0	0,2
18	C System	Barrandova	409	35	5,2	0,3
18	C System	Barrandova	409	36	0,5	0,1
18	C System	Barrandova	409	37	0,1	0,1
18	Cesky Servis	Barrandova	409	41	0,5	0,0
18	Hydrometeorologicky ustav	Generála Šišky	942	40	104,0	1,2
12	Intergast Praha	Libušská	27	65	16,0	0,3
18	Kutil KS	Lhotecká	446	67	50,0	0,4
18	Kutil KS	Lhotecká	446	66	35,0	0,4
18	Materska skola	Zárubova	952	48	23,0	0,3
18	Noves Okna	Těšíkova	986	50	5,0	0,1
18	OBI Modrany	Lhotecká	446	71	135,0	1,2
18	OBI Modrany	Lhotecká	446	70	19,0	0,3
18	OBI Modrany	Lhotecká	446	69	70,0	0,6
18	Peroutka M.	Mařatkova	915	49	43,7	0,4
18	Polovodice a.s.	Novodvorská	994	53	36,0	0,4
18	Polovodice a.s.	Novodvorská	994	52	3,9	0,1
18	Rossmann	Kutilova	3420	54	8,0	0,2
18	SunTech Computer	Sofijské nám.	3400	56	9,8	0,2
18	Tamar Holding	Zdislavická	721	58	1,0	0,1
18	Tausinger D.	Převoznická	1527	42	67,0	0,6
18	TD Servisni stredisko	Barrandova	409	59	5,0	0,1
18	Truhlarstvi Taubner	Meteorologická	83	75	43,7	0,4
18	Truhlarstvi Taubner	Meteorologická	83	74	18,5	0,3
18	Vlkova J.	Krhanická	716	44	5,2	0,2
18	Vondruskova J.	Otradovická	728	45	0,4	0,0
18	Vzorkovna Dova	K lukám	641	76	38,4	0,4

zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

Časově optimální trasa ve 3. obslužném rajónu dle prvního způsobu vymezení



zdroj: vlastní zpracování, data CEDA

9) Řidič zprostředkovávající rozvoz v 3. obslužném rajónu dle 1. způsobu vymezení

JMENO	PRIJMENI	ZNACKA	NOSNOST	LOZNY_OBC
Lukas	Plechota	Renault Master	1150,00	10,50

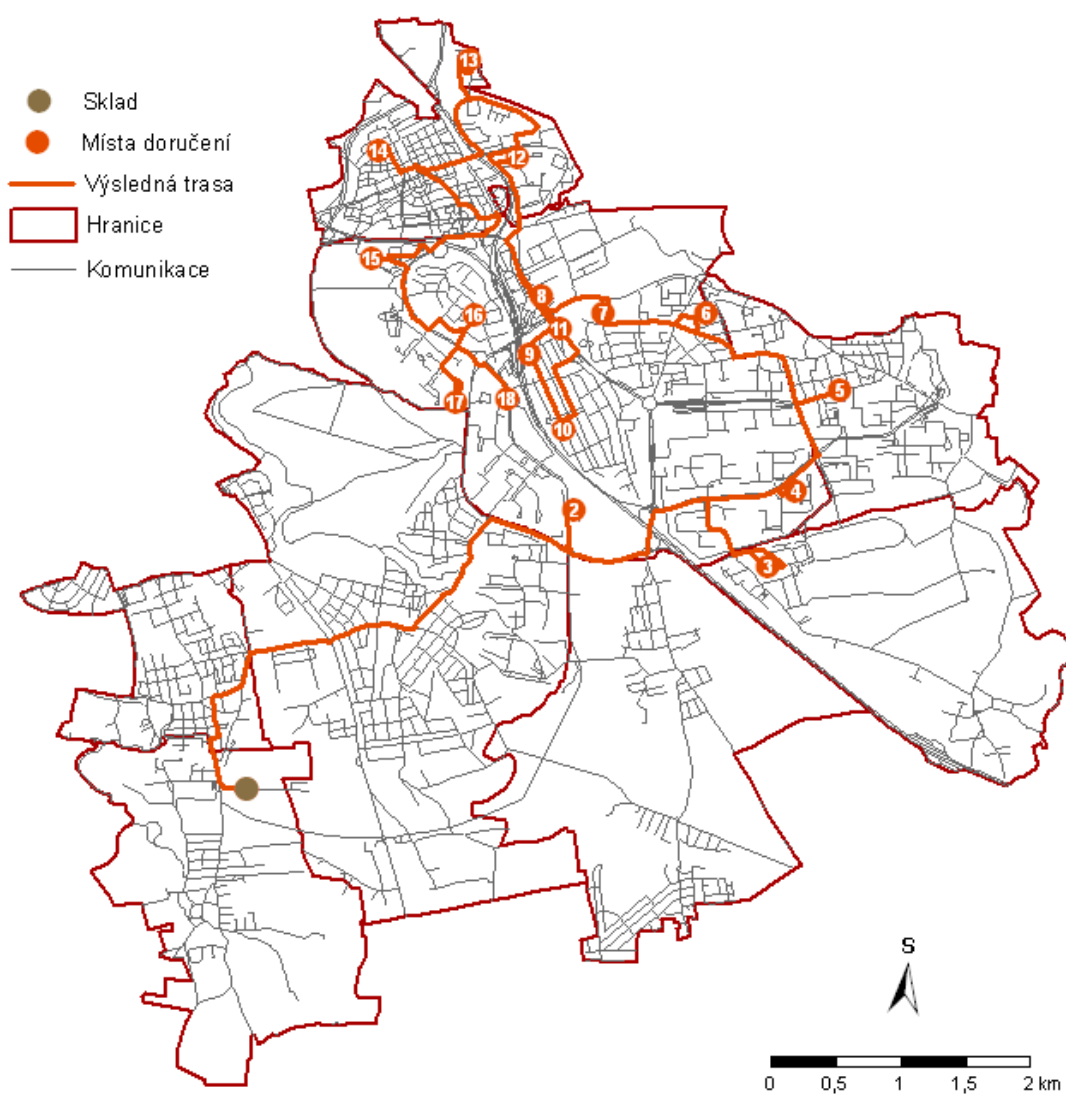
zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

10) Adresy rozvozu zásilek v 3. obslužném rajónu dle 1. způsobu vymezení

TERMIN_DOR	PRIJEMCE	ULICE	CP	ID_ZAS	HMOTNOST	ROZMER
18	AB Centrum mody	Budějovická	64	1	10,00	0,20
18	AB Studio	Jeremenkova	725	119	0,90	0,12
18	ABI	Pujmanové	1221	121	0,80	0,12
18	ABI	Pujmanové	1221	120	0,50	0,12
18	Anacomp	Bohuslava ze Švamberka	1284	2	0,50	0,12
18	Anacomp	Bohuslava ze Švamberka	1284	3	3,60	0,12
18	Aqua Centrum	Pod kopcem	4	30	11,00	0,20
18	Budilova H.	Podolská	431	130	8,20	0,20
18	CDR	Budějovická	367	4	15,00	0,20
18	Central Europe Distribution	Filosofská	1598	38	4,00	0,12
18	Central Europe Distribution	Filosofská	1598	39	2,42	0,12
18	CEZ	Duhová	1444	5	36,00	0,40
18	Cihelna K.	V mokřinách	45	46	5,00	0,12
18	Cmochova M.	Pujmanové	1588	124	5,00	0,12
18	Damovo CR	Budějovická	64	6	51,80	0,60
18	Domidio	V mokřinách	83	43	35,00	0,40
18	Empo	Jeremenkova	763	125	1,10	0,12
18	Epoxy Holding	Pod Vyšehradem	923	126	10,00	0,20
18	Evechova P.	Branická	111	141	0,40	0,01
18	Expert Partner	Hvězdova	1682	127	30,00	0,30
18	Galika	Zelený pruh	1560	128	8,00	0,20
18	Grundfos	Baarova	395	10	52,00	0,60
18	ICZ	Hvězdova	769	131	8,10	0,20
18	Klimaspol Mastell	Branická	26	133	36,00	0,40
18	Kolinsky V.	U nových domů II	527	154	1,00	0,12
18	Kovarova L.	Vavřenova	1170	47	0,40	0,01
18	Kvel	Pujmanové	870	135	5,00	0,12
18	Luminex	Petra Rezka	1203	15	0,50	0,01
18	Marine	Podolské nábf.	4	138	3,00	0,12
18	Mezankova E.	Kvestorská	278	139	3,00	0,12
18	Osvetlovaci technika	Údolní	1515	51	6,00	0,20
18	PCS	Na Dvorcích	122	140	0,50	0,01
18	Pompo	Budějovická	559	19	8,00	0,20
18	Pregis	Na strži	290	143	40,00	0,40
18	Quarcom	Na Dvorcích	1989	145	14,10	0,20
18	Quarcom	Na Dvorcích	1989	146	20,00	0,30
18	Ruzickova P.	Pravá	287	142	2,50	0,12
18	Servisni stredisko Hewlet Packard	Jeremenkova	763	148	5,00	0,12
18	Skanska	U krčského nádraží	139	149	11,00	0,20
18	Skolni jidelna	Jitřní	185	55	13,00	0,20
18	Sky Walter Group	Kaplická	841	150	20,00	0,30
18	Strom B-Systems	Ohradní	1369	24	42,00	0,40
18	Suma	Antala Staška	1020	151	8,99	0,20
18	THL Techall	Marie Cibulkové	346	152	4,00	0,12
18	TST Servis	Šífařská	533	60	49,00	0,40
18	T-Systems	Pod Pekařkou	107	153	3,15	0,20

zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

Časově optimální trasa v 1. obslužném rajónu dle druhého způsobu vymezení



zdroj: vlastní zpracování, data CEDA

11) Řidič zprostředkovávající rozvoz v 1. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení

JMENO	PRIJMENI	ZNACKA	NOSNOST	LOZNY_OBC
Petr	Handa	Fiat Ducato	1260,00	9,30

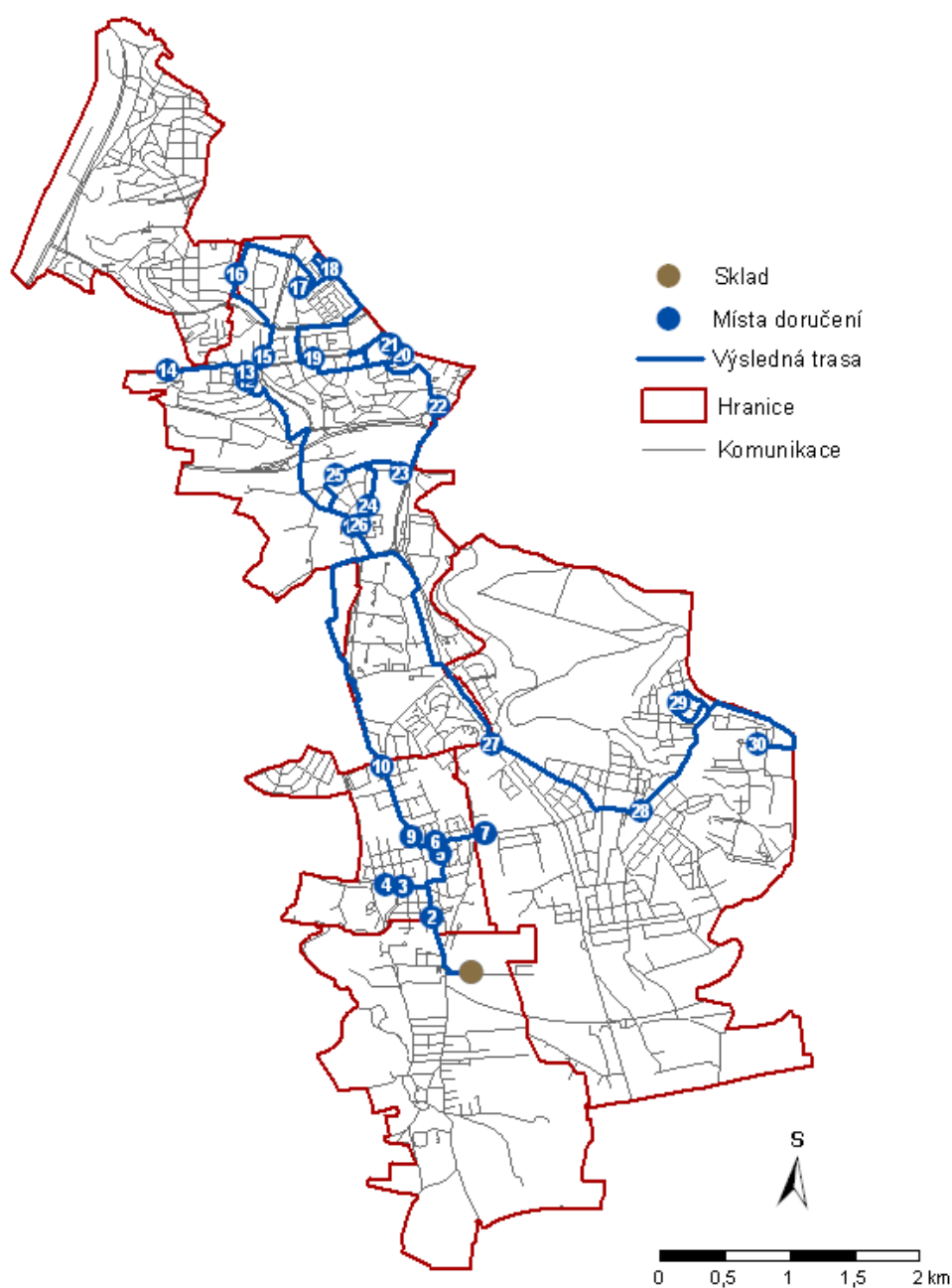
zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

12) Adresy rozvozu zásilek v 1. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení

18	Addex	Zakouřilova	1169	78	2,00	0,12
18	Afriso	Zakouřilova	839	79	15,00	0,20
18	Baumax	Türkova	1272	85	15,00	0,20
18	Baumax	Türkova	1272	86	10,00	0,20
18	Baumax	Türkova	1272	87	21,00	0,30
18	Braun Medical	Cigánkova	1861	81	0,50	0,01
18	Braun Medical	Cigánkova	1861	82	0,50	0,01
18	Braun Medical	Cigánkova	1861	83	0,50	0,01
18	Braun Medical	Cigánkova	1861	84	0,50	0,01
18	Czech Computer	Hviezdoslavova	509	89	0,60	0,12
18	Czech Computer	Hviezdoslavova	509	88	20,20	0,30
18	Czech Computer	Hviezdoslavova	509	90	0,60	0,12
18	Czech Computer	Hviezdoslavova	509	91	0,80	0,12
18	Czech Computer	Hviezdoslavova	509	92	14,00	0,12
18	Daimler-Chrysler Automotive Bohemia	Daimlerova	2296	93	13,00	0,20
18	Fotolab AS	Kloknerova	2278	97	0,40	0,01
18	Glenfield	Roztylská	2232	98	16,00	0,30
18	Hedvik P.	U mlýna	2326	109	0,50	0,12
18	Pekny J.	Benkova	1687	101	0,20	0,01
18	Polesna H.	Petýrkova	1944	110	16,00	0,30
18	Příbyl J.	Doubravická	1306	100	2,00	0,12
18	Right Service Everytime	Severozápadní I	285	111	1,00	0,12
18	RLC	Vodnická	335	112	1,00	0,12
12	Sephora	Roztylská	2232	113	12,00	0,20
18	Technology Park	Roztylská	2232	114	1,00	0,12
18	T-Systems	Tomíčková	2144	115	12,00	0,20
18	Unismini služby	Bělčická	2922	116	0,15	0,12
18	Victory Chodov	Roztylská	2232	117	50,00	0,40
12	Vodafone-Centrum Chodov	Roztylská	2232	118	0,10	0,01
18	Zarikova E.	Pišťekova	1155	94	56,00	0,60

zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

Časově optimální trasa ve 2. obslužném rajónu dle druhého způsobu vymezení



zdroj: vlastní zpracování, data CEDA

13) Řidič zprostředkovávající rozvoz v 2. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení

JMENO	PRIJMENI	ZNACKA	NOSNOST	LOZNY_OBC
Jan	Tomansky	Renault Master	1150,00	10,50

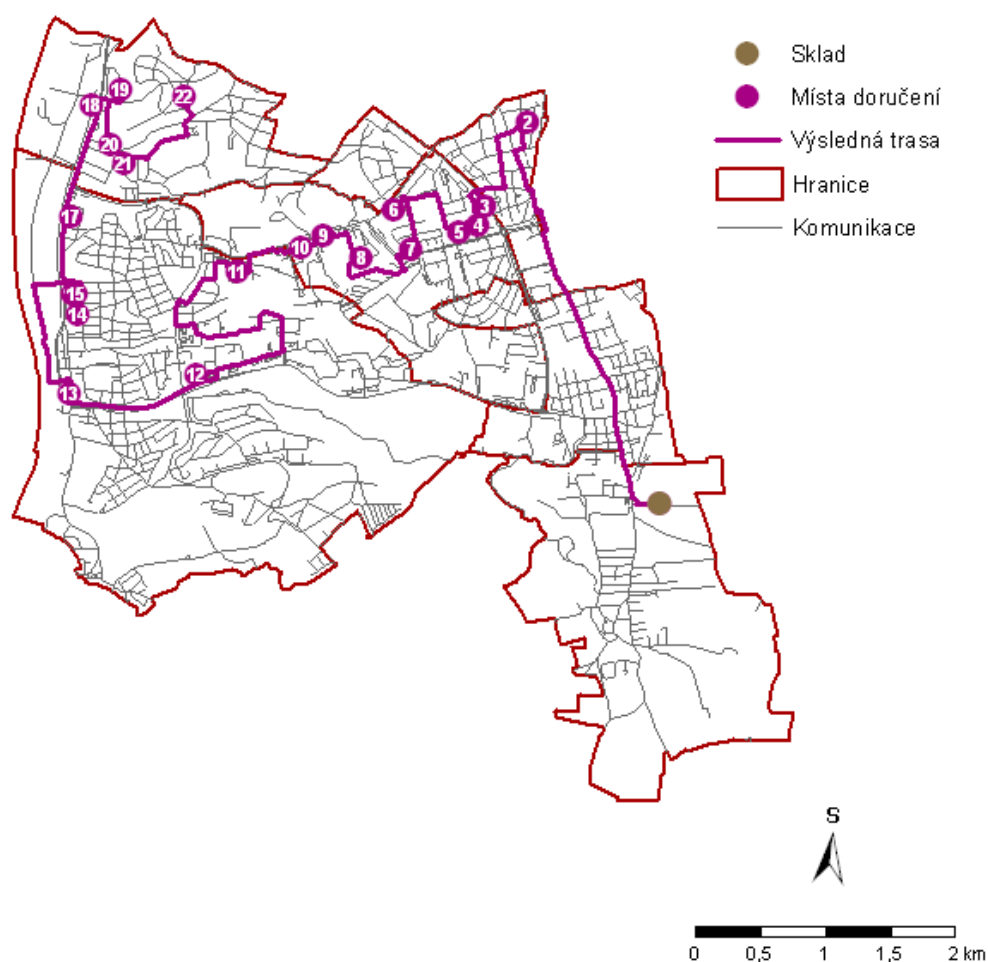
zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

14) Adresy rozvozů zásilek v 2. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení

18	ABI	Pujmanové	1221	120	0,50	0,12
18	ABI	Pujmanové	1221	121	0,80	0,12
18	ABL	Pod višňovkou	1662	122	0,50	0,01
18	Bit Servis	Libušská	340	62	0,51	0,12
18	Bit Servis	Libušská	340	61	0,50	0,12
18	Bit Servis	Libušská	340	63	6,18	0,20
18	CDR	Budějovická	367	4	15,00	0,20
18	Femax Trading	nám. Prezidenta Masaryka	14	95	55,00	0,60
18	FNSP	Vídeňská	296	96	1,61	0,12
18	Galika	Zelený pruh	1560	128	8,00	0,20
18	Green Swan Pharmaceuticals	Pod višňovkou	1662	129	25,00	0,30
18	Hydrometeorologicky ustav	Generála Šišky	942	40	104,00	1,20
12	Intergast Praha	Libušská	27	65	16,00	0,30
18	ISS Facility Services	Pod višňovkou	1662	132	5,00	0,12
18	Kaplan J.	Budějovická	598	14	0,50	0,01
18	Kolinsky V.	U nových domů II	527	154	1,00	0,12
18	Konsigna Handel	Jana Růžičky	1162	103	0,30	0,12
18	Konsigna Handel	Jana Růžičky	1162	102	5,00	0,12
18	KTS	U krčského nádraží	748	134	0,10	0,12
18	Lekarna FTN	Vídeňská	296	104	1,30	0,12
18	Lexum	U Společenské zahrady	389	136	9,70	0,20
18	Marimex	Libušská	234	68	0,50	0,01
18	Mironet	Ekonomická	954	108	0,20	0,12
18	Mironet	Ekonomická	954	107	0,10	0,12
18	Mironet	Ekonomická	954	106	0,80	0,12
18	PCS	Na Dvorcích	122	140	0,50	0,01
18	Pompo	Budějovická	559	19	8,00	0,20
18	Pregis	Na strži	290	143	40,00	0,40
18	Prointerier	Dobronická	58	72	15,00	0,20
18	QT Studio	Hornokrčská	561	144	1,00	0,12
18	Quarcom	Na Dvorcích	1989	146	20,00	0,30
18	Quarcom	Na Dvorcích	1989	145	14,10	0,20
18	Rexel	Dobronická	778	73	18,00	0,30
18	Skanska	U krčského nádraží	139	149	11,00	0,20
18	Suma	Antala Staška	1020	151	8,99	0,20
18	Truhlárství Taubner	Meteorologická	83	74	18,48	0,30
18	Truhlárství Taubner	Meteorologická	83	75	43,73	0,40
18	Vzorkovna Dova	K lukám	641	76	38,42	0,40
18	Zakladani staveb a.s.	Dobronická	1371	77	5,00	0,12

zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

Časově optimální trasa ve 3. obslužném rajónu dle druhého způsobu vymezení



zdroj: vlastní zpracování, data CEDA

15) Řidič zprostředkovávající rozvoz ve 3. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení

JMENO	PRIJMENI	ZNACKA	NOSNOST	LOZNY_OBC
Tomas	Vobil	Iveco Daily	1500,00	11,50

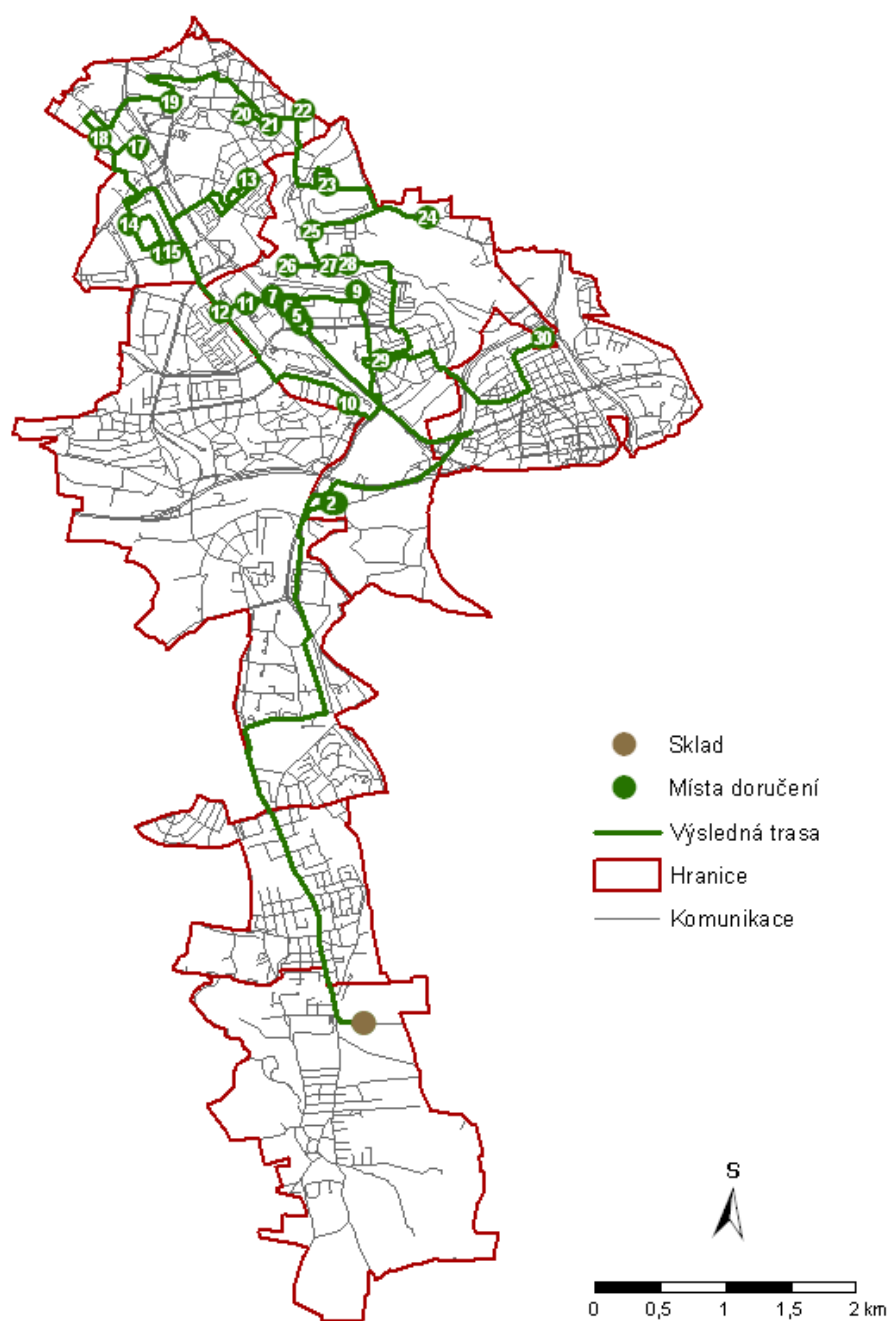
zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

16) Adresy rozvozů zásilek ve 3. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení

TERMIN_DOR	PRIJEMCE	ULICE	CP	ID_ZAS	HMOTNOST	ROZMER
18	Aqua Centrum	Pod kopcem	4	30	11,00	0,20
18	Autosklo TS	Darwinova	1808	31	20,00	0,30
18	Bike Expert	Komořanská	91	32	10,00	0,20
18	Biophys	Převoznická	738	33	2,00	0,12
18	C System	Barrandova	409	36	0,50	0,12
18	C System	Barrandova	409	35	5,20	0,30
18	C System	Barrandova	409	37	0,10	0,12
18	C System	Barrandova	409	34	15,00	0,20
18	Cesky Servis	Barrandova	409	41	0,50	0,01
18	Cihelna K.	V mokřinách	45	46	5,00	0,12
18	Domidio	V mokřinách	83	43	35,00	0,40
18	Elsanta	Na Větrově	83	64	0,20	0,01
18	Kutil KS	Lhotecká	446	67	50,00	0,40
18	Kutil KS	Lhotecká	446	66	35,00	0,40
18	Materska skola	Zárubova	952	48	23,00	0,30
18	Noves Okna	Těšíkova	986	50	5,00	0,12
18	OBI Modrany	Lhotecká	446	70	19,00	0,30
18	OBI Modrany	Lhotecká	446	71	135,00	1,20
18	OBI Modrany	Lhotecká	446	69	70,00	0,60
18	Peroutka M.	Mařatkova	915	49	43,73	0,40
18	Polovodice a.s.	Novodvorská	994	52	3,90	0,12
18	Polovodice a.s.	Novodvorská	994	53	36,00	0,40
18	Rossman	Kutilova	3420	54	8,00	0,20
18	Skolní jídelna	Jitřní	185	55	13,00	0,20
18	SunTech Computer	Sofijské nám.	3400	56	9,80	0,20
18	SunTech Computer	Sofijské nám.	3400	57	5,00	0,12
18	Tamar Holding	Zdislavická	721	58	1,00	0,12
18	Tausinger D.	Převoznická	1527	42	67,00	0,60
18	TD Servisní středisko	Barrandova	409	59	5,00	0,12
18	TST Servis	Šífařská	533	60	49,00	0,40
18	Vlkova J.	Krhanická	716	44	5,20	0,20
18	Vondruskova J.	Otradovická	728	45	0,40	0,01

zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

Časově optimální trasa ve 4. obslužném rajónu dle druhého způsobu vymezení



zdroj: vlastní zpracování, data CEDA

17) Řidič zprostředkovávající rozvoz ve 4. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení

JMENO	PRIJMENI	ZNACKA	NOSNOST	LOZNY_OBC
Lukas	Plechota	Renault Master	1150,00	10,50

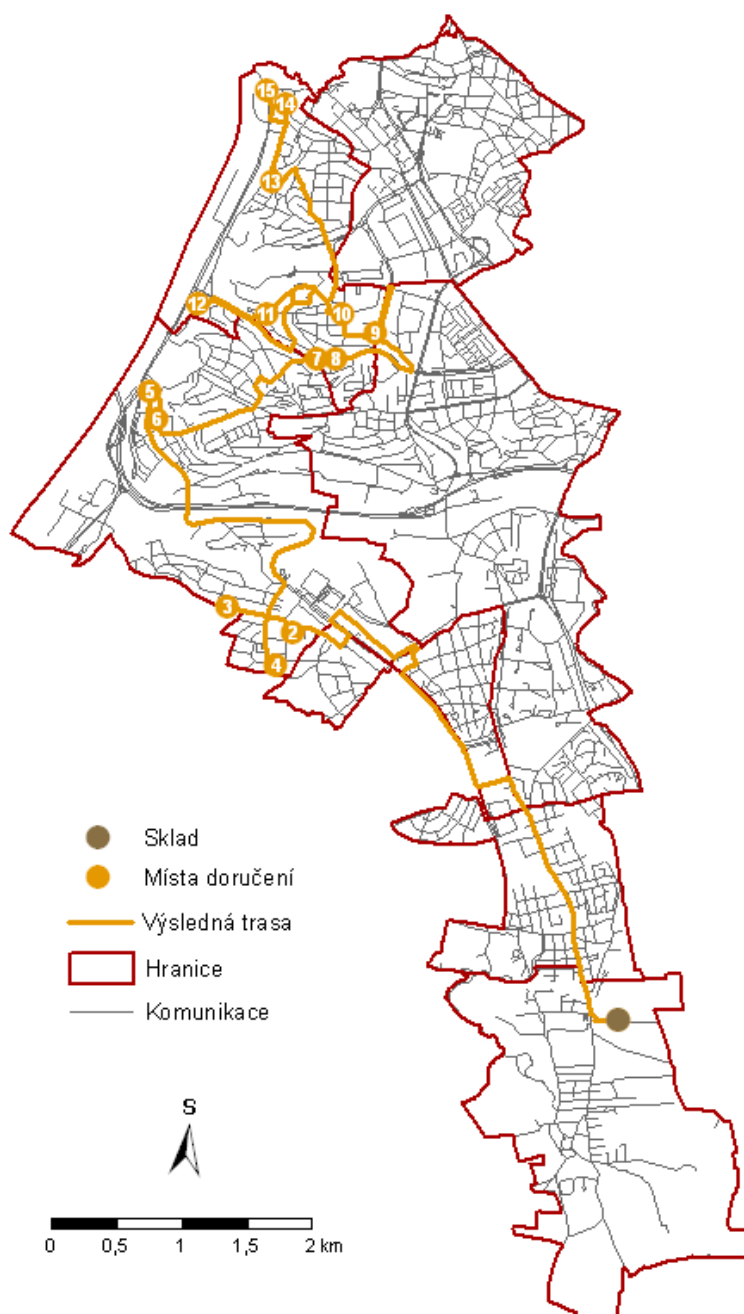
zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

18) Adresy rozvozu zásilek ve 4. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení

TERMIN_DOR	PRIJEMCE	ULICE	CP	ID_ZAS	HMOTNOST	ROZMER
18	Rekant	U Michelského lesa	1457	80	11,00	0,20
18	IT Technik	U Michelského lesa	222	99	11,00	0,20
18	Rosch	Sedlčanská	1044	147	13,80	0,20
18	Holding G+A	Na dědinách	869	137	34,00	0,40
18	Bluma M.	Kremnická	1401	105	30,00	0,30
18	Hewlet Packard	Vyskočilova	1410	12	9,00	0,20
18	Hewlet Packard	Vyskočilova	1410	11	2,00	0,12
18	AB Centrum mody	Budějovická	64	1	10,00	0,20
18	Damovo CR	Budějovická	64	6	51,80	0,60
18	CEZ	Duhová	1444	5	36,00	0,40
18	Damovo CR	U michelské školy	398	7	2,00	0,12
18	Mezankova E.	Kvestorská	278	139	3,00	0,12
18	Grundfos	Baarova	395	10	52,00	0,60
18	Mikosoft	Michelská	715	18	7,00	0,20
18	24U	Michelská	722	29	0,50	0,12
18	24U	Michelská	722	28	2,00	0,12
18	Strom B-Systems	Ohradní	1369	24	42,00	0,40
18	SYS	Ohradní	420	25	2,65	0,12
18	SYS	Ohradní	420	26	0,60	0,12
18	Vyzbrojna pozarni ochrany	Ohradní	1166	27	0,20	0,01
18	Expert Partner	Hvězdova	1682	127	30,00	0,30
18	ICZ	Hvězdova	769	131	8,10	0,20
18	Dvorak M.	Michelská	792	16	4,00	0,12
18	Cmochova M.	Pujmanové	1588	124	5,00	0,12
18	Alef Distibution	U plynárny	500	123	0,50	0,01
18	Stemberk	Děkanská	248	13	5,00	0,12
18	RKL	Družstevní ochoz	1335	23	2,20	0,12
18	Anacomp	Bohuslava ze Švamberka	1284	3	3,60	0,12
18	Anacomp	Bohuslava ze Švamberka	1284	2	0,50	0,12
18	THL Techall	Marie Cibulkové	346	152	4,00	0,12
18	Dateco	Nuselská	210	8	7,65	0,20
18	Dateco	Nuselská	210	9	2,00	0,12
18	Regula	Bartoškova	1411	20	6,70	0,20
18	Regula	Bartoškova	1411	22	0,15	0,12
18	Regula	Bartoškova	1411	21	6,00	0,20
18	Media	Svatoslavova	1656	17	0,10	0,01
18	Luminex	Petra Rezka	1203	15	0,50	0,01

zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

Časově optimální trasa v 5. obslužném rajónu dle druhého způsobu vymezení



zdroj: vlastní zpracování, data CEDA

19) Řidič zprostředkovávající rozvoz v 5. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení

JMENO	PRIJMENI	ZNACKA	NOSNOST	LOZNY_OBC
Ivan	Metlicka	Ford Transit	1300,00	9,20

zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans

20) Adresy rozvozů zásilek v 5. obslužném rajónu dle 2. způsobu vymezení

TERMIN_DOR	PRIJEMCE	ULICE	CP	ID_ZAS	HMOTNOST	ROZMER
18	AB Studio	Jeremenkova	725	119	0,90	0,12
18	Budilova H.	Podolská	431	130	8,20	0,20
18	Central Europe Distribution	Filosofská	1598	38	4,00	0,12
18	Central Europe Distribution	Filosofská	1598	39	2,42	0,12
18	Empo	Jeremenkova	763	125	1,10	0,12
18	Epoxy Holding	Pod Vyšehradem	923	126	10,00	0,20
18	Evechova P.	Branická	111	141	0,40	0,01
18	Klimaspol Mastell	Branická	26	133	36,00	0,40
18	Kovarova L.	Vavřenova	1170	47	0,40	0,01
18	Kvel	Pujmanové	870	135	5,00	0,12
18	Marine	Podolské nábř.	4	138	3,00	0,12
18	Osvetlovaci technika	Údolní	1515	51	6,00	0,20
18	Ruzickova P.	Pravá	287	142	2,50	0,12
18	Servisní středisko Hewlet Packard	Jeremenkova	763	148	5,00	0,12
18	Sky Walter Group	Kaplická	841	150	20,00	0,30
18	T-Systems	Pod Pekařkou	107	153	3,15	0,20

zdroj: vlastní zpracování, soupisky Toptrans